

منشورات جامعة حلب
كلية الزراعة



اساسيات علم الاراضي

دكتور

احمد ناجي زين العابدين
ماجستير ودكتوراه في علم الاراضي
امستاد الاراضي في كلية الزراعة
جامعة حلب
رئيس قسم الاراضي

الطبعة الرابعة

مديرية الكتب والطبوعات الجامعية

١٩٨٠ - ١٩٨١

بسم الله الرحمن الرحيم

المقدمة

ظهرت في المكتبة الحديثة مؤلفات عديدة ، تناولت الفروع المختلفة لعلم الاراضي . وهذا العلم حديث العهد كعلم مستقل ، فلقد كان فرعاً من الكيمياء الزراعية احياناً ، أو من علم المحاصيل احياناً أخرى . ومع تقدم العلوم ووسائل الاكتشافات الحديثة ، زادت المعلومات كثيراً عن علم الاراضي هذا ، فأفردت له اقساماً خاصة في الكليات والمعاهد ، وانشئت له محطات تجارب ومراكز بحوث خاصة .

ولم لا ! والارض هي مكان الزرع الطبيعي ، فحسن استفادتها والمحافظة على خصوبتها ، واصلاح المتضرر منها .. إلخ كل ذلك يتطلب المزيد من المعلومات عنها . وفي المكتبة العربية لا تزال المؤلفات في هذا الفرع من العلوم قليلة ، اذا ما قورنت مع الحاجة الماسة للاطلاع على التقدم السريع في مجالاته المختلفة .

ولقد هدف هذا الكتاب أن يقدم لطالب الزراعة أو قارئ العلم صورة واضحة لليادىء الاساسية للعلوم التي تتناول الارض وتفسر ظواهرها وتعالج مشاكلها . والمؤلف الذي يرغب في نقل المعلومات الاساسية في العلوم التطبيقية في مجال تعمقت فيه الابحاث وتنوعت فيه المكتشفات ، يجد صعوبة واضحة ، إذ عليه ان يعالج ما يريد بأسلوب علمي صحيح ، وفي نفس الوقت بطريقة مبسطة سهلة الفهم .

ولقد عني هذا الكتاب باعطاء فكرة واضحة عن الأساسيات في خصائص الارض الفيزيائية ، وكذلك تكوين الاراضي وتقسيمها ، وبعض الخصائص الكيميائية . واكتفي باعطاء لمحة عن خصب الارض ، وهذا ما سيتناوله الطالب في دراسة مستقلة بالتفصيل .

كما روعي في هذا الكتاب ان يحتوي على بعض المعلومات الخاصة عن الاراضي العربية السورية ، موضعاً بانتقاء الامثلة الثلاثة عن الاراضي المحلية .

ولقد كانت الطبعة الاولى منه عام ١٩٦٨ ونظراً لتزايد المعلومات عن أراضي الجهم-ورية العربية السورية فلقد حرص المؤلف إدخال تعديلات في الطبعة الجديدة جاءت متممة وموضحة .
ويرجو المؤلف ان يسهم هذا الكتاب في محاولة تطوير هذا البلد ورفع شأنه .
والله من وراء القصد .

دكتور
احمد ناجي زين العابدين

الباب الاول

ويتكون من أربعة فصول :

- ★ الفصل الاول : تمهيد في علم الاراضي
- ★ الفصل الثاني : المعادن والصخور المكونة للقربة الزراعية
- ★ الفصل الثالث : تجوية الصخور والمعادن وتحاتها
- ★ الفصل الرابع : القطاع الارضي

الفصل الأول

تمهيد في علم الاراضي

SOIL SCIENCE

علم الاراضي هو العلم الذي يبحث في الحقائق والنظريات المتعلقة بالاراضي الزراعية ... وهو ينقسم الى قسمين :

١ - بيدولوجيا الاراضي Pedology : ويطلق بواسطة بعض العلماء على فرع العلم الذي يهتم بدراسة الارض من جهة منشأها وخواصها وتقسيمها على اساس تلك الخواص . فهو يهتم بدراسة الارض كجسم طبيعي من الوجهة العلمية البحتة دون اهتمام كبير بالناحية العملية ، أي أنه علمي بحت .

ويختص هذا العلم بمورفولوجيا الاراضي Soil morphology ، وتقسيمها Classification والتطبيق العملي له يدخل تحت الفرع المسمى بمحصر الاراضي Soil survey وتقدير قيمتها .

٢ - إيدافولوجيا الاراضي Edaphology : ويهتم بدراسة الارض من حيث صلاحيتها للنبات ، والعمل على توفير الظروف الملائمة لانتاج المحاصيل ، كالتسميد والحفاظة على خصب الارض وعلاقة الارض بالماء والهواء واصلاح الاراضي وغير ذلك من المواضيع التي لها اتصال مباشر بالانتاج الزراعي . ونرى من ذلك ، ان وجهة هذا الفرع تطبيقية أكثر منها علمية بحتة ، فهو يستعمل الحقائق والنظريات العلمية المعروفة في فروع الكيمياء والفيزياء والنبات والبكتريا وغيرها في دراسة خواص الارض وعلاقتها بنمو النبات .

ويشمل الفروع الآتية :

١ - تكنولوجيا الاراضي Soil technology : ويهتم بدراسة الحالة الطبيعية للأراضي وميكانيكيتها ، ويعطي الاقتراحات الملائمة لاستغلالها والحفاظة عليها .

٢ - فيزياء الاراضي Soil physics : ويهتم باستعمال النظريات الحديثة في الفيزياء في دراسة خواص

الارض كملاقة الارض بالماء والحرارة واللون والبناء والقوام وغيرها .

٣ - كيمياء الاراضي Soil chemistry : وتبحث في التركيب الكيماوي للاراضي ، وعلاقتها بخصب الارض ، وتشمل ايضاً الاسمدة وتأثيرها على الارض والنبات .

٤ - تغذية النبات Plant nutrition : وتهتم بدراسة العوامل التي تؤثر في امتصاص وتجميع الايونات من الارض ، وعلاقة ذلك بالتكوين الطبيعي والكيماوي للارض .

٥ - ميكروبيولوجيا الاراضي Soil microbiology : وتهتم بدراسة علاقة الكائنات الحية كالبكتريا والفطر والاوليات بالاراضي ، وتأثيرها على العمليات الحيوية ، وما يتبع ذلك من تأثير على صلاحية المواد الغذائية للنبات.

تعريف الارض :

لم يتفق العلماء بعد على تعريف للتربة الزراعية ، فهي في نظر رجل الجيولوجيا عبارة عن الطبقة العليا من الجزء اليابس Lithosphere التي تفككت بفعل الغشاء الهوائي Atmosphere والغشاء المائي Hydrosphere . والجزء اليابس Lithosphere هو غشاء الارض المتكون من الصخور والمعادن المختلفة .

بينما تعرف الارض من الوجهة البيولوجية : بأنها عبارة عن مخلوط من الصخور والمعادن المتحللة ، ومن مواد عضوية متعفنة ، تغطي سطح الارض في طبقة رقيقة ، وتعد النباتات بالغذاء والتثبيت الميكانيكي اللازمين له .

ولعل اشمل تعريف للارض هو تعريف Vageler الذي يقول : بان التربة الزراعية هي الطبقة السطحية من القشرة الارضية ، الناجمة من تفتت الصخور وانحلالها ، او انحلال بقايا المواد العضوية ، او هما معا ، وتكون هذه الطبقة صالحة كياوياً وطبيعياً لتكون وسطاً لجذور النبات ونموها ، وهذه الطبقة في حالة تحلل وتحول مستمر تبعا لتأثير العوامل المختلفة عليها .

ولما كانت الارض الزراعية هي الطبقة السطحية من القشرة الارضية التي تحلت وتفتت وجب حينئذ ان يكون معظم خواصها الكيماوية والتكوينية مشتقا من خواص القشرة الارضية ، ووجب ايضاً أن تكون العوامل التي دخلت في تكوينها ذات اثر على خواص الارض الناجمة ، لذا سنتكلم باختصار عن القشرة الارضية وانواع الصخور بها ثم عن العوامل التي تدخل في تكوين الاراضي .

الفصل الثاني

المعادن والصخور المكونة للكرة الأرضية الزراعية

تشير الدراسات الى ان الكرة الارضية قد انفصلت من الشمس في الحالة الغازية وذلك منذ حوالي ثلاثة آلاف مليون سنة ، ثم بردت وتحولت الى كرة سائلة ، ثم تضاف السائل بقشرة صلبة . والمعلوم أنه كلما تعمقنا في باطن الكرة الارضية فان الحرارة ترتفع بمعدل درجة واحدة مئوية لكل ٣٠ متراً ، وهذا يعني أنه عند التعمق لمدة كيلو مترات فان الحرارة سترتفع وقد تصل الى عدة آلاف من الدرجات المئوية ، وهذه الحرارة المرتفعة تعمل على صهر المواد الموجودة في جوف الكرة الارضية . وتشكل المواد المنصهرة ضغطاً داخلياً عالياً ، فاذا ظهرت في القشرة الارضية مناطق ضعف نتيجة الشقوق والانهدامات وما شابهها فان المواد المنصهرة ستتدفق من باطن الارض على صورة اندفاعات أو حمم بركانية . وعند ذلك ستبرد المواد المنصهرة لتشكل الصخور الجامدة .

ويعتمد التركيب الكيماوي للصخور على مثيله المادة الاصلية المنصهرة ولذلك تسمى بالصخور الاولية والتي بدأ تشكيلها على سطح الارض منذ بلايين السنين أي منذ انفصال الكرة الارضية عن الشمس ، ولقد تعرضت هذه الصخور خلال الاحقاب الطويلة الماضية الى عوامل خارجية اثرت فيها بدرجات متفاوتة . وجدير بالذكر ان عمر الصخور الاولية الناشئة من تجمد الكتلة المنصهرة لا أهمية كبيرة له من وجهة نظر الخصائص الكيماوية لتلك الصخور فاذا كانت صخور حديثة او قديمة فالهم هو التركيب الكيماوي للكتلة المنصهرة التي اندفعت من باطن الارض . ولذلك يلاحظ ان الصخور الاولية تختلف في اشكالها وتركيبها الكيماوي اختلافاً واضحاً . وبالتالي فان المؤثرات الخارجية على الصخور الاولية تؤدي الى نواتج متباينة .

ولتسهيل دراسة القشرة الارضية لا بد من الامام باصطلاحين شائعين هما المعادن والصخور فالمعدن Mineral يعرف من وجهة الدراسة البيدولوجية ، بأنه : جسم غير عضوي ، متجانس كيميائياً وذات تكوين طبيعي . وتعتبر بعض اجسام عضوية خاصة ، كالنفط الحجري ، من المعادن . والمعادن اما ان تكون متبلورة Cristallized أي لها شكل خاص ، أو عديمة التبلور Amorphous أو على حالة غروية Colloidal .

أما الصخر Rock فيتكون من امتزاج بضعة معادن مع بعضها البعض ، وبعض الصخور تتكون من حبيبات معدن واحد مندرجة، كالرخام المكون من الكالسيت ، والكورتزيت المكون من الكوارتز .
ويبلغ عدد العناصر التي تدخل بنسبة محسوسة في تركيب معادن وصخور القشرة الأرضية بحوالي (١٥) عنصراً . وانكم جدولاً باسمائها ونسبتها المئوية (جدول ١) :

جدول (١)

العناصر ونسبة وجودها في القشرة الأرضية

عناصر توجد بكثرة	عناصر توجد بقلّة
أكسجين O ٤٧.٤٣ %	تيتانيوم Ti ٠.٠٦ %
سيليكون Si ٢٧.٠٠ %	أيدروجين H ٠.٠١٤ %
ألومنيوم Al ٥.٠٨ %	فوسفور P ٠.٠١٢ %
حديد Fe ٥.٠٨ %	كربون C ٠.٠١٠ %
كالسيوم Ca ٣.٦٠ %	منجنيز Mn ٠.٠٠٩ %
صوديوم Na ٢.٨ %	كبريت S ٠.٠٠٦ %
بوتاسيوم K ٢.٥ %	كلوريد Cl ٠.٠٠٥ %
مغنيسيوم Mg ٢.٠٠ %	

ومن ذلك نرى ان نصف القشرة الأرضية تقريباً يتركب من الاوكسجين ، وحوالي الربع سيليكون ، والباقي (٢٥ %) عبارة عن بقية العناصر الأخرى ، وان العناصر الثمانية الأولى تكون نحو ٩٨ % من القشرة الأرضية ، وقليل من العناصر ما يوجد في الأرض على حالة انفرادية ، ولكن أغلبها يوجد متحداً مع غيره من العناصر في صورة مركبات بسيطة او معقدة .

الصخور الأساسية في تكوين الأرض :

تطلق كلمة صخر على كل مادة تدخل في تركيب الأرض ، فقد يكون جامداً مثل حجر البناء والجرانيت ، او متفتتاً مثل الرمل والطين ، او سائلاً مثل مياه البحار ، أو غازياً مثل الهواء الجوي . ولكن اصطلاح عرفياً على تخصيص الصخر للحجارة الجامدة التي توجد متراكمة في الطبيعة .

والفرق الرئيسي بين الصخر والمعدن هو : ان المعدن ثابت التركيب والخواص ، أما الصخر فيتركب من عدة معادن . فتختلف خواص الصخر ومظاهره تبعاً لاختلاف نوع المعادن الداخلة في تركيبه ونسبة وجودها فيه ، فالجرانيت صخر جامد يتركب من ثلاثة معادن رئيسية هي الفلسبار والميكا

والكوارتز ، والسيانيت صخر يتركب من الفلسبار البوتاسي والمهـورنبلند . وتنقسم الصخور اساساً الى ثلاثة اقسام :

أولاً : صخور نارية Igneous : وهي اساس جميع انواع الصخور الاخرى حيث انها نتجت من برودة وتجمد المواد المنصهرة Magma التي تكونت منها الارض . وهذه تنقسم الى قسمين :

آ - بركاني Volcanic : وهي التي نشأت من تجمد المواد المنصهرة التي اندفعت الى سطح الارض بتأثير البراكين ، ولذلك يكون تحولها الى الحالة الجامدة سريعاً . وتكون معادنها على شكل حبيبات دقيقة مندرجة قد يتخللها اجسام ذات حجم كبير . ومن امثلتها الريوليت (ويتركب من فلسبار بوتاسي وكوارتز وميكا او هورنبلند) والبازالت (ويتركب من فلسبار جيري صودي واوجيت)

ب - بلوتونية Plutonic : وهي صخور نارية تجمدت ببطء تحت اعماق شحيقة ، متعرضة لضغط كبير ، وتكون معادنها على شكل بلورات كبيرة واضحة ، ومن امثلتها الجرانيت الذي يتركب من فلسبار وكوارتز وسليكا .

وبما ان السليكا أو الكوارتز SiO_2 تدخل في تركيب الصخور النارية عموماً ، وهذا الاكسيد له خواص حامضية ، لذا اصطلح على تسمية الصخور التي تزيد نسبته فيها عن ٦٥ ٪ بالصخور الحامضية ومن امثلتها الجرانيت . اما الصخور التي تتراوح نسبته فيها حوالي ٤٥ ٪ وتكثر فيها اكاسيد البوتاسيوم والصوديوم والكالسيوم والمغنيسيوم فتعتبر صخور قاعدية مثل البازالت . أما الصخور التي تتراوح نسبة السليكا فيها بين ٥٠ - ٦٠ ٪ فتسمى صخور متوسطة أو متعادلة . وفيمايلي وصف موجز لبعض الصخور النارية :

١ - الجرانيت Granite : - يتركب من فلسبار وكوارتز وميكا بيوتيت . وتوجد انواع كثيرة من الجرانيت حسب نوع الفلسبار الداخل في تركيبها . ويتكون في باطن الارض .

٢ - السيانيت Syenite : يتركب من اورثوكلاز وهورنبلند ، واحياناً أوليجـوكلاز وميكا بيوتيت .

٣ - ديوريت Diorite ويتركب من بلاجيـوكلاز (أوليجـوكلاز ، أو لابرادوريت ، أو أنورثيت) ومن هورنبلند ، واحياناً يوجد به كوارتز واوجيت .

٤ - جابرو Gabbro : ويتركب من لابروـدوريت ، واوجيت ، واوليفين ، وكثير من معادن اخرى . وهو يتكون في باطن الارض ، أي انه بلوتوني ، ويقابله من الصخور البركانية البازالت .

ثانياً - الصخور الرسوبية Sedimentary : وهي التي تكونت من تفكك وانحلال الصخور النارية ، بفعل عوامل التجوية الطبيعية والكياوية : كالماء والحرارة والهواء ، ثم رسوب نواتج التجوية في صورة طبقات Stratified . وتنقسم الى ثلاثة اقسام حسب طريقة تكوينها كما يأتي :

آ - الرواسب الكيميائية : وهذه كانت ذائبة في المياه ثم رسبت بالتبخير ، او التبريد ، او تقليل الضغط ، أو بالتسريب الكيميائي . وليس لها اهمية في تكوين الاراضي .

ب - الرواسب المتفتتة او الميكانيكية : نتجت من تفتت صخور اصلية ، حملتها المياه ، ثم رسبتها بعيداً بعد ان قلت سرعة جريانها . ويشمل هذا القسم الطين ، والرمل ، والحجارة الرملية ، والطين المتحجر Shale . فاذا كانت منقولة من مكان بعيد تكون اجزاؤها مستديرة ، فان كانت متهاكة بمادة اسمنتية سميت Conglomerate .

ج - الرواسب العضوية : وهي غالباً تنتج من الحيوانات أو النباتات . وتشمل كل ما يرسب بتأثير الكائنات العضوية : كالفحم ، والطباشير والمارل ، والحجارة الجيرية ، والصخور الكاسية .

ومن الضروري الاشارة الى ان اغلب اراضي الجمهورية العربية السورية ناشئة من صخور رسوبية ترجع لهذه المجموعة ، فوجود كربونات الكالسيوم في الصخر يرجع لعدة اسباب من اهمها اثر العوامل العضوية . فحجر الطباشير Chalk مثلا وهو نوع من الاحجار الجيرية يتكون من حبيبات ناعمة ناشئة من محارات حيوانية بحرية وحيدة الخلية . وتستطيع بعض الحيوانات والنباتات التي تعيش في البحار استخلاص المادة الجيرية من مياه البحار التي تعيش فيها ، وتحولها هذه الكائنات الحية في اجسامها الى صور جديدة ، وعند موت هذه الكائنات الحية تسقط محاراتها وخلاياها في قاع البحر ، وتحول الى رواسب جيرية من كربونات الكالسيوم نظراً لتفاعل غاز الفحم الذائب في المياه الباردة مع هذه المركبات الجيرية .

وقد تتكون كربونات الكالسيوم تحت تأثير ترسيب كياوي بحت ، فاذا قل احتواء مياه البحار على غاز الفحم نظراً لسخونة تلك المياه فان غاز الفحم يتصاعد وتقل قدرة الماء على ادابة كربونات الكالسيوم فتترسب الكربونات عند ذلك .

وبلاحظ أن نوع الصخر الجيري المتكون يرتبط بظروف تكوينه ، فاذا ترسبت كربونات الكالسيوم أو تكونت في ظروف لم تدخل أثناءها المواد غير العضوية فانه ينتج صخر جيري نقي غني بمقايا الحيوانات التي افرزته كما في صخر الطباشير . وعادة تختلط مع المواد الجيرية اثناء ترسيبها شوائب من مواد منقولة فتنتج عدة انواع من الصخور الجيرية ، تختلف تبعاً لمحتواها من كربونات الكالسيوم ومن المواد المنقولة والتي تشكل المواد الطينية الجزء الرئيسي فيها . ويمكن توضيح الانواع المختلفة من الصخور الجيرية تبعاً لسمية الشوائب الموجودة فيها في التالي :

١ - حجر جيري	Limestone	نسبة كربونات الكالسيوم ١٠٠ ٪ ، ولا يوجد طين
٢ - حجر جيرى طيني	Clayey limestone	٩٠ ٪ ، والطين ١٠ ٪
٣ - مارل كسربوناتي	Carbonaceous marl	٧٠ ٪ ، ٣٠ ٪
٤ - مارل	Marl	٥٠ ٪ ، ٥٠ ٪
٥ - مارل طيني	Clayey marl	٣٠ ٪ ، ٧٠ ٪
٦ - حجر طيني كسربوناتي	Carbonaceous mudstone	١٠٠ ٪ ، ٩٠ ٪
٧ - حجر طيني	Mudstone	١٠٠ ٪ ، ٠ ٪

وتتكون الاراضي من الصخور الكلسية بتأثير المياه المحملة بثاني أكسيد الفحم CO_2 ، فتذيب الكالسيوم والمغنسيوم في صورة ثاني فحمات تاركة الشوائب غير القابلة للذوبان والتي تكون مادة التربة . وتتوقف سرعة تكون الاراضي من الحجارة الجيرية على نسبة ما يوجد بها من الشوائب . وعادة ما تكون الارض الناتجة عن تحلل الحجر الجيري خصبة .

ثالثاً - الصخور المتحولة Metamorphic :

وهي صخور اصلها ناري او رسوبي ، تحولت بتأثير الضغط والحرارة الكبيرين الى صخور ذات اشكال وخواص جديدة . وقد يكون التحول موضعياً كما يحدث بالقرع من الصخور النارية حيث يتغير الصخر وتظهر فيه معادن جديدة ويأخذ منظرأً جديداً . أو قد يكون التحول لمسبباً Contact مثل التحويل الناتج عن امتداد الجرانيت في صخور رملية او جيرية او طينية . وقد ينشأ تحويلاً في الصخور بتأثير انشاء الطبقات وتجمعات القشرة الارضية ويسمى بالتحويل الديناميكي .

ومن أهم الصخور المتحولة :

الغنيس Gneiss ، والشيست ، والاردواز ، والامفيولات (التي تتكون من صخور قاعدية) ، والرخام الذي يتكون من كربونات كالسيوم نقي .

...

ويمكن تشبيه القشرة الارضية بغطاء رقيق صلب يحيط بباطن الارض اللدن . ويختلف سمك هذه الطبقة كما يبدو اختلافاً كبيراً . غير ان الملاحظات الجيولوجية ترجح ان متوسط سمكها يبلغ ٣٢ كم . ويقدر كلارك Clark ان هذه الطبقة تتكون كما يأتي :

صخور نارية	٩٥ ٪
صخور متحولة	٤ ٪
حجر رملي	٠.٠١٧٥ ٪
حجر جيرى	٠.٠١٢٥ ٪

وتتكون هذه القشرة الأرضية من ثلاث طبقات غالباً (١) السفلى وهي ذات السمك الأكبر ،
وتتكون من صخور نارية ولا يبدو من هذه الطبقة على السطح سوى مساحات قليلة . (٢) الوسطى
وهي رقيقة نسبياً وتتكون من صخور رسوبية . (٣) والعلوية أو السطحية ، وهي المتحللة المفتتة التي
نشأت من فعل التجوية Weathering على الطبقة الثانية . وتتكون من مواد غير متماسكة ، ومن حصى
ورمال ، وطين . ومن هذه الأخيرة يتكون الجزء المعدني من الأرض الزراعية .
المعادن التي تتكون منها التربة الزراعية :

أصل المعادن التي تدخل في تركيب الأراضي هو الصخور المنتشرة على سطح القشرة الأرضية
مثل الحجر الجيري ، والجرانيت ، والحجر الرملي ، والطين المتحجر وغيرها . فهذه الصخور عند انحلالها
لتكوين الأراضي تعطي ثلاث ناتجات معدنية مختلفة :

١ - معادن من أصل الصخر قاومت الانحلال وبقيت كما هي ، مثل : الكوارتز SiO_2 ،
والارثوكلاز ، والبيوتيت ، والهورنبلند ، والابايت ، والاولجيت .
٢ - معادن ثانوية نتجت من انحلال معادن أصلية في الصخر ، مثل : الهيماتيت ، والليمونيت ،
والكاؤولين ، والطلق ، والجبسبات $Al_2O_3 \cdot 3H_2O$ والكالسيت والدولوميت والجبس
ومعادن الطين .

٣ - معادن ثانوية في حالة غروية ، نتجت من انحلال بعض المعادن الأصلية تحت تأثير عوامل
الانحلال الجوية في صورة دقائق ناعمة جداً ، ولها خواص تختلف عن خواص النوعين الآخرين . والطين
هو أحد أنواع هذه المجموعة .
وسنعرض باختصار أهم مجاميع المعادن وأكثرها انتشاراً ووجوداً في الأرض .

أولاً - أكاسيد Oxides وأهم ما تشمله من معادن هي :

١ - الكوارتز SiO_2 وهو عبارة عن ثاني أكسيد السليكون المتبلور . وهو معدن صلب يقاوم
لتحلل كثيراً . وحيثياته قد تكون شفافة أو رمادية أو وردية ... الخ .

٢ - السليكا ، وهو ثاني أكسيد السليكون غير المتبلور وهو معدن واسع الانتشار في الأراضي .

٣ - أكاسيد الحديد : ويوجد منها عدة أنواع حسب عدد جزيئات الماء المتحد بها ومنها :

الهيماتيت Hematite (Fe_2O_3) ولونه أحمر ، وينتشر من تحلل الصخور في المناطق الجافة .

ليمونيت Lemonite ($2Fe_2O_3 - 3H_2O$) ولونه أصفر أو بني .

جيوتيت Geothite ($Fe_2O_3 - H_2O$) ولونه بني مصفر .

وينتشر النوعان الاخيران من تحلل الصخور في المناطق الرطبة ونصف الرطبة .

ثانياً - الكربونات Carbonates :

وأهم أفراد هذه المجموعة كربونات الكالسيوم (وتوجد في الحجر الجيري ، في صورة كالسيت وأراجونيت) . وكربونات المغنيسيوم (المغنيسيت) ، وكربونات الكالسيوم والمغنيسيوم (الدولوميت) . وهذه الكربونات جميعها تذوب في الماء المحمل بثاني اكسيد الكربون حيث تتحول الى ثاني كربونات مثل $Ca(HCO_3)_2$. وعندما تتعرض هذه الى الجو تحف وتتحول الى $CaCO_3$ مرة ثانية ، والمعادلة التالية توضح ذلك :



وقد توجد الكربونات في صورة سیدرايت $FeCO_3$ وذلك في بعض بقاع العالم وبكمية قليلة جداً .

ثالثاً - السليكات Silicates :

وهي من أهم الصخور لانتشارها في القشرة الارضية ولان بعضها يتحول ويتحلل مكوناً الطين Clay وهو من المكونات المهمة في الارض . والسليكات عبارة عن املاح احماض السيليك المختلفة . هذه الاحماض لا توجد حرة في الطبيعة اذ انها عبارة عن اكسيد سليكون أيدراتي (مائي) ، تختلف نسبة الماء الى السليكا فيه في حدود واسعة . وبعض معادن السليكات تشتق من احماض الومينوسيليك المختلفة وهذه مكونة من السليكا واكسيد الالومنيوم وماء بنسب مختلفة . وفيما يلي أهم احماض السيليك والالومينوسيليك (الفرضية)

H_4SiO_4	حمض الارثوسيليك
H_2SiO_3	حمض الميتاسيليك
$H_4Si_3O_8$	حمض الميتا ثلاثي سيليك
$H_4Al_2Si_2O_9$	حمض الالومنيو ثنائي سيليك

ونظراً لكبر أفراد هذه المجموعة واختلاف خواصها تقسم الى مجموعات أصغر ، تتقارب في تكوينها الجيولوجي وشكلها الخارجي وبعض صفاتها الطبيعية والكيمائية ، كالتالي :

١ - الفلسبارات Fildspars : وهي عبارة عن سليكات الالومنيوم والقواعد الارضية (غير المغنيسيوم) ورمزها النموذجي $(A)_2Al_2Si_2O_8$ بفرض أن (A) عبارة عن الصوديوم أو البوتاسيوم أو الكالسيوم أو مزيج منها ، أي انها تشتق من حمض الميتا ثلاثي سيليك وأهمها الارثوكلاز Orthoclase والميكروكلين $(KAlSi_3O_8)$ وهما فلسبار بوتاسي . والانورثيت Anorthites وهو فلسبار كالسيومي

ورمزه $\text{Ca Al}_2 \text{Si}_2 \text{O}_8$. والاليت وهو فليبار صوديومي رمزه $\text{NaAl Si}_3 \text{O}_8$.

وتتحلل الفلسبارات الكاسيومية بدرجة أسرع من تحلل الفلسبارات الصودية أو البوتاسية

٢ - مجموعة البيروكسينات والامفيبولات Pyroxines & Amphiboles وتضم هذه المجموعة الكثير من المعادن الشائعة الموجودة في الاراضي . وهي عبارة عن سليكات مغنسيوم ، أو حديد ، أو كالسيوم ومغنسيوم ، أو كالسيوم وحديد ، أو كالسيوم . وهي خالية من الألومنيوم وهي مشتقة من حمض الميتاسيليسيك ومنها الاوجيت ، الموجود بكثرة في البازلت ، والهورنبلند .

٣ - مجموعة الميكا Micas : وهي عبارة عن أورثوسليكات الألومنيوم ومعها مغنسيوم وحديد وقواعد ارضية . ومنها البيكامسكوفيت $\text{H}_2\text{KAl}_3\text{Si}_3\text{O}_{12}$ وتحتوي على البوتاسيوم . والبليكايوتيت $(\text{H},\text{K})_2(\text{Mg},\text{Fe})_3(\text{Fe},\text{Al})_3\text{Si}_3\text{O}_{12}$ وكمية البوتاسيوم فيها أقل من المسكوفيت ، ولكنه في صورة صالحة للنبات أكثر منه في المسكوفيت .

٤ - مجموعة الاوليفينات Olivines : وهي سليكات مغنسيوم خالية من الألمنيوم ومنها الاوليفين $(\text{Mg},\text{Fe})_2 \text{SiO}_4$. وهي ليست بذات أهمية كبيرة في تكوين الاراضي

رابعاً - الجبس $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$: وهو معدن هام في الجهات الجافة ونصف الجافة . ويعتبر الجبس من مجموعة المعادن قليلة الذوبان نسبياً في الماء ، إذ تبلغ نسبة الذابة له ٠.٠٢ ٪ ، ويعتبر هذا الرقم عال نسبياً إذا ما قورن مع غيره من المعادن ، ولذلك يزال بسرعة من طبقات القطاع الارضي اذا كانت كمية الامطار كافية ، وعادة توجد طبقة الجبس أسفل طبقة كربونات الكالسيوم .

والجبس إما أن يكون اولياً من أصل بحري أو بحيري ، أو ثانوياً تكون اثناء تحلل بعض الصخور في المناطق الجافة ويكون عند ذلك في شكل عديسات منتشرة في التربة .

وجود الجبس في التربة بكميات بسيطة يعطي التربة مزية وقاية التربة من ان تتحول الى اراضي قلوية (صودية) نظراً لاحتوائه على الكالسيوم بصورة دائبة ، كذلك فانه يخفض رقم PH الحـوالي ٧-٧.٢ . أما وجود الجبس بكميات كبيرة فانه يؤدي لمشاكل ضخمة من الصعب حلها ، فعلى الرغم من أن الجبس ملح غير ضار فيسيولوجيا للنبات ، إلا أنه يعمل على رفع الضغط الاسموزي للمحلول الارضي نظراً لقدرته على الذوبان التي تزداد في وجود املاح اخرى مثل كلور الصوديوم ، وهذه نقطة هامة جداً في اراضي المناطق الجافة ونصف الجافة . كذلك فان وجود الجبس يعرض المنشآت الهندسية المختلفة كالطرق والقنوات والجسور وغيرها للانهدام اذا لم يوضع لكل منها علاجات خاصة .

وينتشر الجبس انتشاراً واسعاً في اراضي البادية السورية ، وكذلك في بعض اراضي التسوسم الزراعي بمشروع الفرات ، وحالياً تستبعد الاراضي التي تزيد فيها نسبة الجبس عن ٢٥ ٪ من الاستغلال . والجدير بالذكر ان الاراضي التي تحتوي نسبة اقل من ذلك يمكن استغلالها بمعاملات خاصة قد تكون مكلفة .

خامساً - الالبتيت وهو عبارة عن فوسفات الكالسيوم مختلطة مع الكلوريد او الفلوريد وهي مصدر الفوسفور في الارض .

سادساً - مجموعات سليكات الالومنيوم أي الطين Clays وهي خالية من القواعد والقواعد الارضية . ويدخل تحت هذه المجموعة من انواع الطين : الكاولين Kaolin ، وألوفان Allophane ، والمونتموريللونيت Montmorillonite .

سابعاً - مجموعة الزيولتات zeolites وهي سليكات ألومنيوم متأدرته (مائية) ومحتص عليها كمية من القواعد والقواعد الارضية ، وهي سهلة الانحلال واهمها الأتالسيم Analcime ، والسيتيليت Stilbite ويمكن التعرف على المعادن بوسائل كيمياوية وطبيعية تتوقف على خواص المعادن نفسها ، يستعان بها للتمييز بينها .

ونوضح في الجدول (٢) التركيب المعدني للصخور المهمة في الارض .

جدول (٢)

التركيب المعدني لبعض الصخور

المعدن	نارية	رسوبية	حجر رملي	حجر جيرى
كوارتز	١٢ ٪	٢٢٦٣ ٪	٦٦٦٨ ٪	-
فلسبار	٥٩٦٥ ٪	٣٠ ٪	١١٦٥ ٪	-
بيروكسين وهورنبلند	١٦٦٨ ٪	-	-	-
ميكا	٣٦٨ ٪	-	-	-
الطين	-	٢٥ ٪	٦٦٦ ٪	-
ليمونيت	-	٥٦٦ ٪	١٦٨ ٪	-
كربونات	-	٥١٧ ٪	١١٦١ ٪	٧٦ ٪
معادن اخرى	٧٦٩ ٪	١١٦٤ ٪	٢٦٢ ٪	-

وبلاحظ من الجدول السابق أن :

- ١ - تحتوي الصخور النارية على نسبة عالية جداً من الفلسبار .
- ٢ - تحتوي الصخور الرسوبية على اكبر نسبة من الطين .
- ٣ - الحجر الرملي غني جداً بمعدن الكوارتز .
- ٤ - الحجر الجيري غني جداً بالكربونات وبعض الشوائب الاخرى .

٥ - يلاحظ ان البيروكسينات والميكا توجد في الصخور النارية فقط والسبب انها سهلة التحلل ولذلك لا توجد في بقية أنواع الصخور . بينما تنخفض نسبة الفاسبارات في الصخور الرسوبية عن الصخور النارية نظراً لأن تحللها يكون بطيء نسبياً .

٦ - لا تحتوي الصخور النارية على الطين أو الليمونيت أو الكربونات . وهذه معادن ثانوية تنشأ من تحلل الصخور النارية الأصلية .

مصدر المعادن في التربة :

يبين الجدول رقم (٣) مصادر العناصر المهمة في دراسة الاراضي :

الجدول رقم (٣) مصادر العناصر الهامة في دراسة الاراضي

المادة المحتوية عليه	العنصر	المادة المحتوية عليه	العنصر
اباثيت	كلور ، فلور	كوارتز - سيليكات	سيليكون Si
اباثيت	فوسفور	سيليكات - اوكسيد	الومينوم Al
كبريتيدات	كبريت	سيليكات حديدياك ومغنيسيوم و بيريت	حديد +++ Fe
الجـو	آزوت	فلسبارات صودية جيرية	كالسيوم Ca
كلكو باريت	نحاس	سيليكات حديد ومغنيسيوم	مغنيسيوم Mg
جرانيت - بارولوزيت	منجنيز	فلسبارات صودية بحيرية ماعدا الانورثيت	صوديوم Na
سفاليريت	زنك	اورثوكلاز - ميكروكلين ، ميكا	بوتاسيوم K
تورمالين	بورون B	الماء - الجو	هيدروجين H
يوريلفينيت Urefenite	مولبدنيوم Me	اليمفيت - روتيل Rutile	تيتانيوم Ti
نادر وجوده في الخامات	يود I	غاز الفحم الموجود في الجو	كربون C
يوجد بكمية قليلة في التربة والآبار الارتوازية .			

الفصل الثالث

تجوية الصخور والمعادن وتحللها

WEATHERING OF ROCKS AND MINERALS

يساعد تعرض الصخور للجو ، وحركة الماء ، ونمو النباتات على تكسير الصخور الى اجزاء اصغر قد تسبب زيادة في قابليتها للذوبان في المحلول ، ينشأ عن ذلك تغيير في تركيب الصخر ، وهذه العمليات يطلق عليها لفظ التجوية وتنحصر عواملها في الماء والحرارة والغازات والاحياء .

اما التحات Denudation فهي نتيجة عوامل ديناميكية تحرك نواتج التجوية ، فتنقلها من مكان الى مكان آخر قريب أو بعيد عن مكان تكويناها وهذه العوامل هي الرياح والماء الجاري والجليد المتحرك والجاذبية الارضية .

وينحصر فعل التجوية في عمليتين :

التجوية الميكانيكية او التفتت Desintegration : ويطلق على التفتت في الحجم بواسطة العوامل الطبيعية .

والتجوية الكيماوية او الانحلال Decomposition : ويطلق على التفتت الكيماوي اي تحويل الصخور والمعادن الى مواد جديدة مختلفة التركيب .

وهاتان العمليتان تصطحبان مع بعض . وقد يتفوق احدهما على الآخر . فمثلا في المناطق الجافة تحت درجات حرارة متفاوتة بين الليل والنهار يغلب التفتت بينما يسود الانحلال في المناطق الرطبة الحارة .

عوامل التفتت :

١ - توالي عمليتي التمدد والانكماش نتيجة للاختلاف في الحرارة يؤدي لتكوين شقوق بين طبقات الصخور والمعادن . والمعلوم أن الصخور تسخن في النهار وتبرد في الليل . ولما كانت الصخور تتكون من معادن تختلف في معامل تمددها لذا فبمقدور كل تغير في درجة الحرارة ينشأ عنه اختلاف في قوى الضغط يؤدي الى حدوث تصدعات وشقوق . ويمكن توضيح الامر اذا تصورنا قطعة من الصخر

معرضة لأشعة الشمس ، حيث تسخن الطبقات السطحية بكمية أكبر من الطبقات الداخلية نظراً لبطء التوصيل الحراري فيها ، ولذلك تتمدد بالنهار وتنكمش بالليل مما ينشأ عنه ظاهرة تقشر الصخر .

٢ - ينشأ عن تجمد الماء الموجود في الشقوق ، فعند انخفاض درجة حرارة الجو الى ما دون الصفر ، زيادة في حجم الماء تعمل على زيادة الضغط مما يؤدي الى تكسير الصخور .

٣ - جذور النباتات النائرة في شقوق الارض ، فعند نموها يزداد قطرها ، فتولد ضغطاً يساعد على التفتت . كذلك الاحياء التي تحفر أنفاقاً في الارض أو شقوقاً تساعد على التفتت وكذا فعل حوافر الحيوانات وفعل الانسان ونشاطه .

٤ - تعمل الاجسام الصلبة التي تجلبها معها الثلجات والمياه الجارية على تآكل الصخور التي تمر عليها وتحتك بها . وعادة تكون المياه الجارية قوة نحر كبيرة وهذا ما يبدو واضحاً في الاخاديد الكثيرة المنتشرة في جميع أنحاء البلاد والناشئة عن المجاري المائية .

٥ - الرياح وماتحملة من حبيبات تعمل على تآكل الصخور ، حيث يتآكل الجزء الاقل صلابة إذ ينشأ بين الحبيبات المحمولة تحت تؤدي الى استدارة هذه الحبيبات نظراً لتكسر حواف هذه الحبيبات .

٦ - الامواج : - تعمل الامواج على طحن وتكسير الحبيبات والصخور .

الانحلال :

تتبع عملية الانحلال قوانين كيميائية يجب مراجعتها قبل التكميم عن عمليات الانحلال ، من هذه القوانين :

١ - التأين وتأثيره على التفاعلات الكيماوية :

ففي كل جزيء ماء H^+ و OH^- . وبطلق على جزيء الماء أنه ثنائي القطب أي أن أحد اطرافه سالب والآخر موجب :



فعند اذابة كلوريد البوتاسيوم بالماء يحدث تجاذب بين القطب الموجب للماء والكلوريد المتأين من KCl والسالب الشحنة ، وكذلك تجاذب بين البوتاسيوم الموجب والقطب السالب للماء . ويكون المحلول بأجمعه متعادلاً .

وفي محلول مخفف جداً من KCl في الماء يكون التجاذب بين الجزيئات ضعيفاً وتكون الايونات مستقلة عن بعضها ويقال للمحلول أنه شديد التأين . وهذا يؤدي الى تأين كيمايات جديدة من هذا

الملح. وفي المناطق الجافة تكون كمية الامطار قليلة ولذلك تكون المحاليل مركزة وبالتالي تنخفض كمية الاملاح المتأينة .

٢ - قانون فعل الكتلة : وهو ان سرعة التفاعل الكيماوي تتناسب طردياً مع الكتلة الفعالة للمواد المتفاعلة .

٣ - التفاعل المكسي : معظم التفاعلات في التربة عكسية . ولكن ، في التربة ، اذا رشحت او صرفت المحاليل الناتجة من التفاعلات الكيماوية فذلك يمنع او يخفف التفاعلات العكسية ، ويجعل تحلل الصخور مستمراً . ويحدث ذلك في المناطق الرطبة حيث تزيد مياه الامطار الغزيرة نواتج التحلل وتنقلها معها الى الاعماق . وبذلك تستمر عملية التحلل لتقطع اشواطاً بعيدة في المناطق الرطبة .

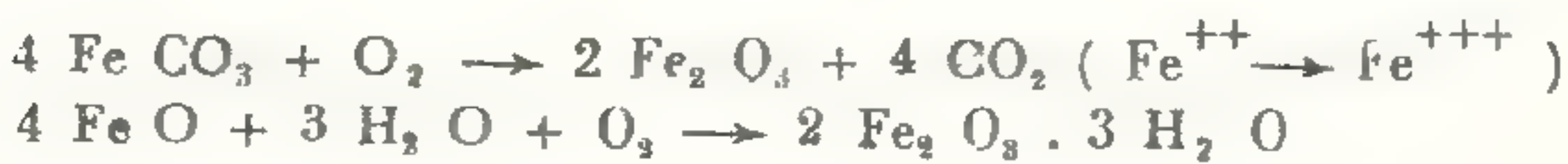
٤ - درجة الحرارة : حسب قانون فانت هوف Vant Hoff تزداد سرعة التفاعل الكيماوي الى الضعف اذا ارتفعت درجة الحرارة ١٠°م ومعنى ذلك ان الانحلال في المناطق الحارة اسرع منه في المناطق الباردة .

عمليات الانحلال الكيماوية :

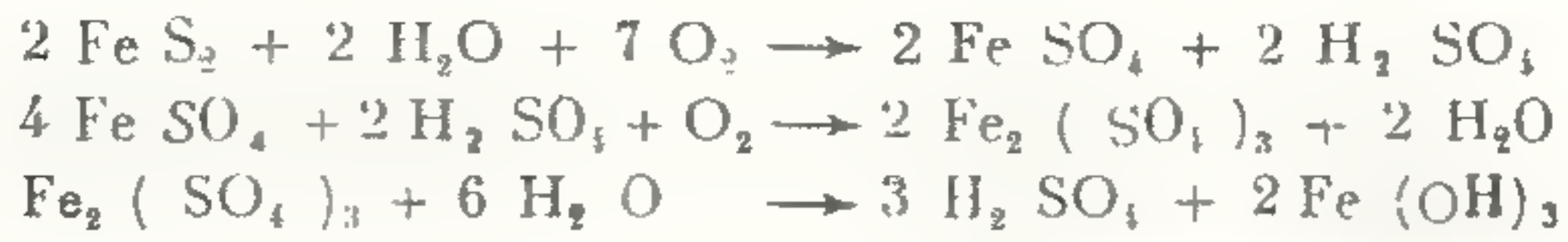
تشمل عوامل الانحلال : الذوبان والاكسدة والتأدرت والكربنة والتحلل المائي ، كذلك فعل البكتريا على المواد العضوية التي ينتج عنها غاز الفحم وحمض عضوي ، وكل هذه مهمة في الانحلال الكيماوي . ويلاحظ ان اصعب المعادن في الانحلال هي الكوارتز ، والمسكوفيت ، والزركون . واسهلها المحتوية على حديد ومغنيسيوم وفلسبارات . وبين في التالي عوامل الانحلال كل على حدة :

١ - الذوبان : معظم المعادن قليلة الذوبان في الماء وتزداد عملية الذوبان بزيادة تركيز أيون الايدروجين وذلك بسبب CO_2 ، SO_2 ، NO_2 والاحماض العضوية . وهناك معادن سهلة الذوبان مثل الجبس (كبريتات كالسيوم) ، او الكالسيت (كربونات كالسيوم) وهذه الاخيرة مهمة في تكوين الاراضي ، حيث ان الصخور الجيرية تحوي دائماً شوائب غير كلسية تبقى وتتراكم بعد ذوبان الكربونات مكونة مادة التربة . ويعتبر الحديد والسيليكون والالومنيوم في مركباتها بطيئة الذوبان ويمكن ان تكون ذائبة في بعض الاوساط الخاصة المحيطة بها .

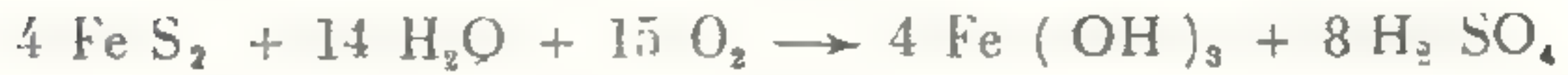
٢ - التأكسد Oxidation : تتحول المعادن التي تحتوي على حديدوز او كبريتور الى حديدك او كبريتات اذا وجدت بجو به كثير من الاوكسجين .



ومن أمثلة الأكسدة أيضاً خطوات تحليل البيريت وهو كبريتور الحديد ، وهي تحدث بفعل الماء والأكسجين كالتالي .

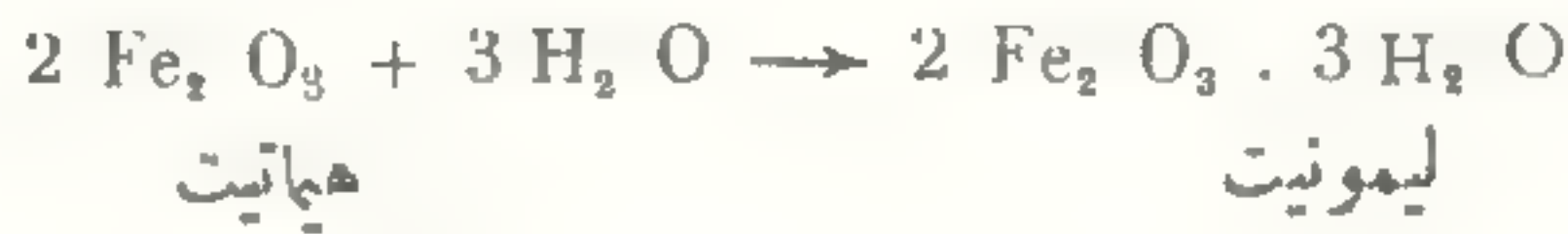


وتصبح المعادلة الاجمالية كالتالي :

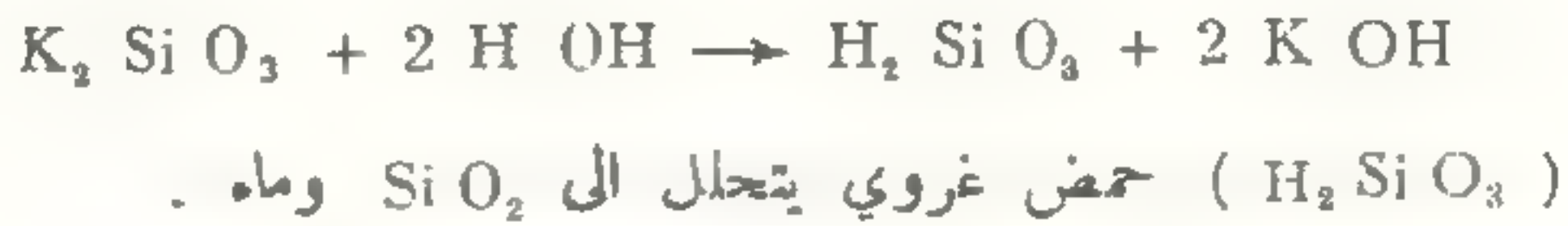


أي أن معدن البيريت يتحول الى ايدروكسيد حديدك مع انفراد حمض الكبريتيك. وهذا الاخير له تأثير هام على تحليل الصخور .

٣ - التآدرت Hydration (التميؤ) : - وهو ارتباط الماء كيميائياً مع معادن التربة ومن أمثلتها تكون الليمونيت من الهيماتيت وذلك في الظروف الرطبة ، ويحدث عند الجفاف أن ينتزع الماء ثانية ويتكون الهيماتيت بعد أن أصبح ليمونيت



٤ - التحلل المائي Hydrolysis (الحلمأة) : وهو من أهم عوامل تحليل الصخور نتيجة لتأثير الايونين H^+ و OH^- الموجـودين في الماء خصوصاً عند ذوبان غاز الفحم به حيث تزيد نسبة H^+ ومن أمثلته :

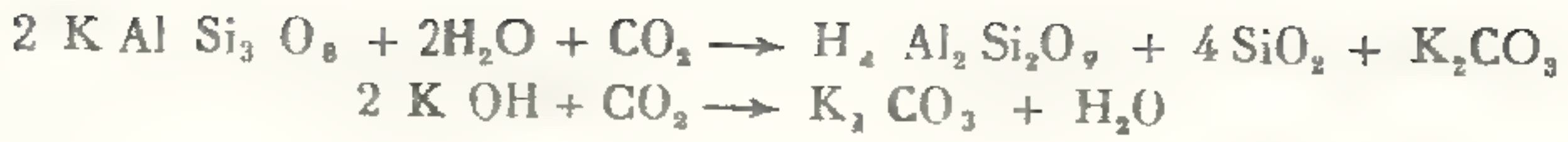


وكذلك يتحلل الميكروكلين تبعاً للمعادلة الآتية :



وقد يستمر التحلل ويتحلل الحمض السليكاتي الناتج الى جسيمات $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ والى سليكا غروية. والنواتج إما أن تنتقل مع ماء الصرف أو تدخل في تفاعلات جديدة لتكون معادن الطين ، أو تبقى في التربة على صورة أكسيد بعد الجفاف .

٥ - الكربنة Carbonation : وفيها يرتبط ثاني اكسيد الكربون بقواعد التربة مكوناً كربونات أو بيكربونات ، ومن أمثلتها تحليل الاورثوكلاز في وجود غاز الفحم ، وكذلك تحليل ايدروكسيد البوتاسيوم الى كربونات .



الانحلال البيولوجي :

تعمل الكائنات الحية دوراً بطيئاً في عملية التجوية إذا ما قورنت بفعل المياه والحرارة وغيرها. فالكائنات الحيوانية تعمل على تفتيت المواد ، أي أن تأثيرها ميكانيكي أكثر منه كيميائي ، ومن أمثلتها عمل الديدان الأرضية في التربة المزروعة .

أما النباتات فتأثيرها أكثر أهمية ، إذ تستطيع بعض النباتات الدنيئة كالاشنيات أن تعيش على سطوح الشقوق الناتجة من التفتت الطبيعي وتعمل على توسيعها ، هذه النباتات الدنيئة تمتص العناصر الغذائية اللازمة لها من الصخر المتطفلة عليه فتنتزع منه القواعد اللازمة لها وتبني به أجسامها ، كما تفعل بعض الاشنيات المنتشرة على الصخور الجيرية في المناطق الساحلية وهي نباتات محبة لقواعد كالسيوم ، وبعد موت هذه الاشنيات تطرح القواعد الموجودة في أجسامها بعيداً عن الصخر . ومع تقدم الزمن يقل محتوى الصخر من القلويات والقلويات الأرضية ، وتصبح الفرصة مهيأة لتعيش نباتات أرقى ، وهذه بدورها تعمل على تفتت وانحلال الصخر وهكذا تستمر العملية حتى يأتي دور النباتات الراقية . وهذه تأثيرها أكثر أهمية من بقية الأنواع النباتية نظراً لتأثير ما تفرزه الجذور من عصارة حامضية وكذلك ما تطرحه من غاز فحم اثناء نشاطها الفيزيولوجي .

الصخور والتجوية :

يؤثر نوع الصخر تأثيراً واضحاً في سير عمليات التجوية . والمعلوم أن الصخور تتفاوت كثيراً في خواصها الفيزيائية والكيميائية ، فمن الصفات الفيزيائية ذات العلاقة بالتجوية : حجم الحبيبات ، والصلابة ، ودرجة التماسك والالتحام . فلوحدات المعادن المختلفة الكبيرة الحجم تزيد وتمرع من تفتت الصخور ، وذلك لأن كمية التمدد والانكماش نتيجة تغير الحرارة تكون كبيرة ، مما يؤدي إلى تكسير الصخر . ولذلك نجد أن الحبيبات الناعمة تقاوم التفتت بدرجة أكبر من الحبيبات الخشنة ولكنها في نفس الوقت تكون أكثر عرضة لعمليات الانحلال الكيماوية نظراً لزيادة السطح الكلي المعرض لعمليات التجوية الكيميائية. إذ المعلوم أن سرعة التفاعل الكيماوي تزداد كلما زاد السطح المعرض للتفاعل .

أما تأثير الصلابة ودرجة التماسك والالتحام فيمكنكس في التجوية في قابلية الصخر للتفتت إلى حبيبات صغيرة الحجم ، فيلاحظ أن الكوارتزيت التماسك والحجر الرملي الملتحم بمواد لاحمة بطيئة التجوية يقاومان التفتت من جهة ، ويكون تعرضها لعوامل الانحلال الكيميائية ضعيفاً أيضاً ، بينما يلاحظ أن الرماد البركاني والحجر الجيري الخشن يتعرضان بسهولة للتفتت ، ومن ثم للانحلال الكيماوي . كذلك فإن استجابة الصخور للتجوية تتأثر كثيراً بالتركيب الكيماوي لهذه الصخور ، فالمعادن القابلة للذوبان في الماء

تزال من التربة بسرعة ولو كانت كمية الامطار بسيطة . أما المعادن قليلة الذوبان نسبياً كالجبس $\text{Ca SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ فانها تزال من التربة عندما تكون كمية المطر كافية ، وتعمل مياه الامطار المحملة بغاز الفحم على إذابة المعادن الاقل ذوباناً مثل الكالسيت والدولوميت . ولذا يلاحظ خلو الاراضي الواقعة في المناطق الرطبة من هذه المعادن .

واقف وجد أن المعادن الاولية داكنة ثانوية والتي تسمى احياناً معادن (حديد - منغنيسية) لاحتوائها على عنصري الحديد والمنغنيسيوم ، أنها اكثر قابلية للتجوية الكيماوية من الفلسبارات والكوارتز اذ أن وجود الحديد في المعادن ، وهذا يصدأ بسرعة ، يعرض البنيان البلوري لهذه المعادن للهدم الكيماوي والفيزيائي .

كذلك فان شدة ارتباط الايونات في الوحدات البلورية للمعادن تؤثر كثيراً في قابليتها للتجوية . فيلاحظ ان الاوليفين والبيوتيت ، وهما من المعادن سهلة التجوية نسبياً ، أن الوحدات البلورية لهما أقل تماسكاً في المعادن المائلة لهما كازبركون والمسكوفيت اللذين يقاوما عمليات التجوية بشدة .

ويمكن ترتيب المعادن المختلفة تبعاً لمدى قابليتها للتجوية تبعاً للتسلسل الآتي : كوارتز (اكثرها مقاومة) < مسكوفيت ، فلسبارات بوتاسية ، فلسبارات صودية وجيرية < بيوتيت ، هورنبلند وأوجيت < اوليفين < دولوميت ، كالسيت < جبس .

وهذا يفسر غياب الجبس والكالسيت والدولوميت من أراضي المناطق الرطبة، وسيادة الكوارتز في كثير من أراضي العالم .

تكوين التربة :

إن الشرح السابق لقوى التجوية كل على حدة يعطي تصور بسيط لكيفية تكوين التربة من الصخر . ويبدو الامر أكثر تعقيداً إذا تذكرنا أن جميع عوامل التجوية تعمل متضافرة جنباً الى جنب وبدرجات متفاوتة في نشاطها تبعاً لسيادة أحد العوامل على غيره . وعلى كل فان النتيجة العامة للانحلال الكيماوي للصخور هي ظهور مواد عروية في صورة Gels مثل (حمض سليسيك وايدرات الومنيوم وغيرها) وقواعد قابلة للذوبان . بعض هذه القواعد يفقد مع ماء الرشح كما أن بعضها يتحد مع المواد الغروية مكوناً معادن ثانوية لم تكن موجودة في المعدن الاصلي ، وهذه المعادن الثانوية تعاني بدورها تغييرات كيماوية نتيجة لعمليات التحلل المائي وتبادل القواعد ... الخ .

ففي أراضي المناطق الرطبة تفقد القلويات والقلويات الارضية نهائياً ، وتكون أراضي حامضية نتيجة لاستمرار غسل القلويات والقلويات الارضية واحلال الايدروجين محلها على الطين . وهذه الاراضي فقيرة من الوجهة الغذائية وغير صالحة لزراعة معظم المحاصيل الا بعد اصلاحها . أما في أراضي المناطق الجافة فلا يحصل فقد يذكر في القلويات والقلويات الارضية ، بل تبقى الارض مشبعة بها وحياناً تكون

أراضي ملحية وقلوية في هذه المناطق .

يطلق على المحلول الغروي الناتج من تحلل الصخور والمعادن اذا اختلطت بمواد عضوية اسم مركب الارض الغروي Colloid complex ، أو مركب الامتصاص Adsorption complex . ويطلق على الجزء المبدئي فقط اسم مركب الطين Clay complex . ومن عمليات التجوية والتحات يتحول الصخر الى فتات . هذه العوامل التي عملت وتعمل منذ ملايين السنين أنتجت نوعين من الفتات أو الحبيبات الارضية : أولها فتات نتجت من فعل التجوية الميكانيكية على الصخر فلم يتغير تركيبها الكيماوي بل تغير حجمها فقط . وثانيها : فتات تأثر تركيبها الكيماوي بفعل التجوية الكيماوية .

ونتيجة لهاتين العمليتين تكونت الارض . وهناك نوعان من الاراضي حسب تكوينها :

أ — أراضي محلية (أولية) Primary Soil : وهي التي تكونت في نفس الموضع الذي حدث فيه الانحلال ، أي توجد علاقة بين الطبقة الأمية أو الصخر الاصلي وبين التربة الموجودة أعلاه والناشئة منه .

ب — أراضي منقولة (ثانوية) Secondary soil : وذلك اذا نقلت نواتج الانحلال ورسبت في مكان جديد ثم بدأت عمليات تحويلية جديدة . وتنقل التربة عادة إما بفعل المياه أو بفعل الرياح ولا يوجد ارتباط بين الاراضي المنقولة وبين الطبقة الامية الذي توضع التربة فوقه .

ولما كانت هذه العمليات التكوينية بطيئة جداً في عملها ومستمرة في الماضي والحاضر والمستقبل مع تفاوت في أعمار الصخور التي تعمل بها كانت النتيجة أن خرجت الاراضي الزراعية ذات أعمار مختلفة وفي أطوار متغيرة مع أطوار التكوين .

من ذلك نرى أن عوامل التجوية بأنواعها الثلاثة تعمل معاً وقد يسود أحدها على الآخر وقد يتعاون عاملين من ثلاثة ونتيجة لذلك كله حالة واحدة ، وهي تحويل الصخر الاصلي Parent rock الى أراضي مختلفة صالحة للإنتاج النباتي بجميع أنواعه Soil ويهيمن على هذه التفاعلات ويوجهها عوامل تكوين الاراضي Soil forming factors .

الفصل الرابع

القطاع الارضي

SOIL PROFILE

عندما تسقط مياه الامطار فوق سطح الارض المكون من فئات الصخور المعدنية وتفور فيها بفعل الخاصية الشعرية ، وتحت تأثير الجاذبية الارضية ، تهرب وتحمل معها بعض مكونات الطبقة السطحية وتنقلها وترسبها في طبقة من الطبقات السفلى ، وبذلك نجد ان الطبقة العليا المتأخوذ منها بعض المسواد المنقولة وتسمى افق السلب Eluviated horizon تنقص بعض مكوناتها ، بينما تزداد الطبقة الثانية بمركبات لم تكن موجودة فيها في الاصل وتسمى افق الترسيب Illuviated horizon . وبهاتين العمليتين يتكون القطاع الارضي ، ويتطور تبعاً لمداهما . فالقطاع الارضي هو قطاع رأسي يمتد من سطح الارض حتى المادة المكونة للارض وتعرف باسم الصخر الاصلي . وعادة تختلف الاراضي كثيراً في شكل قطاعها ، لأن القطاعات تتفاوت في أعماقها وتركيبها المعدني ولونها وكذلك أقطار الجزيئات فيها . ويتأثر القطاع لأرض معينة بعدة عوامل : منها تركيب الطبقة الامية والزمن الذي تعرضت له هذه الطبقة الامية في التحلل لتكوين التربة وكذلك المناخ والغطاء النباتي وغيرها .

ويتميز القطاع الارضي الكامل تحت الظروف العادية بتكونه من ثلاث طبقات افقية تعرف باسم الآفاق العادية . ويختلف الافق الواحد عن الآخر من حيث مكوناته ولونه وهذه الآفاق هي :

١ - افق آ Horizon A : - وهو الطبقة السطحية التي يتم نقل المواد منها الى ما تحتها ، وهي افق السلب ، وتتميز عادة بقوام يختلف عما تحتها بينما يكون بناؤها وتمائلها غير واضح المعالم .

وافق آ Horizon A يحتوي على اعلى نسبة من المواد العضوية وامل نسبة من الفرويات عادة ، ويقسم هذا الافق الى آفاق ثانوية A_{00} ، A_0 ، A_1 ، A_2 فمنسلا الافق الثانوي A_c لا يحوي مواد معدنية بل يتكون من تراكم المواد العضوية المتحللة ، كما يتميز كل افق من الآفاق الثانوية بميزات خاصة يجمعها جميعاً الافق الاصلي .

٢ - افق ب Horizon B : - وهي الطبقة الثانية التي تضاف اليها المواد التي سلبت من افق آ

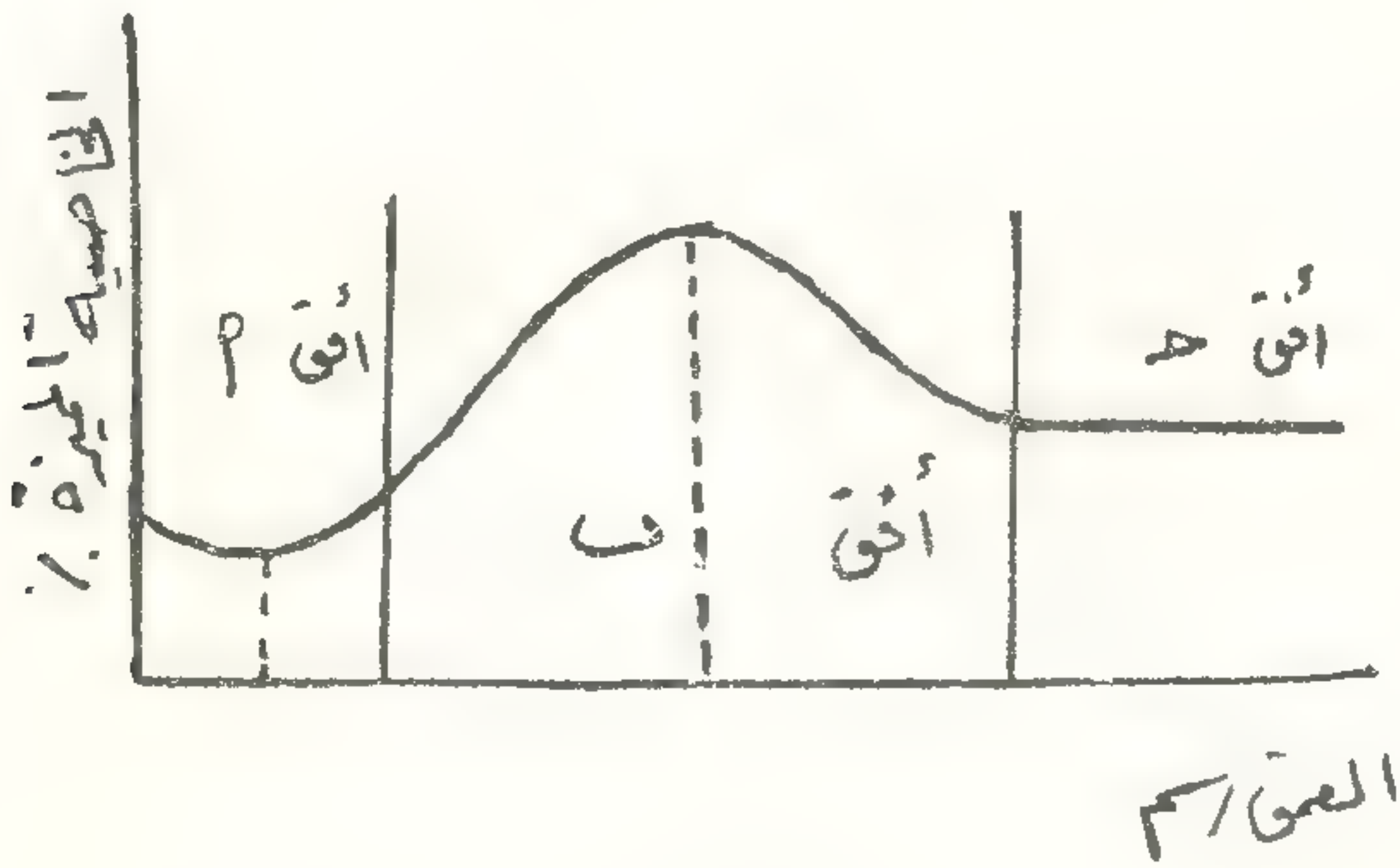
فهو أفق الترسيب أو الإضافة . وهذا الأفق يختلف عن أفق آ في السمك واللون والبناء والتماسك بينما يتقارب في الشبه مع الأفق ج الذي يليه . ويتبين عادة في الأفق صفات بناء التربة وكذلك تماسكها ، ويقسم هذا الأفق إلى آفاق ثانوية كما في أفق آ .

٣ - أفق ج Horizon C : وهي الطبقة التالية لأفق ب . وهو عبارة عن المادة الأصلية للتربة التي يفترض أنها لم تتأثر بعد بعوامل التعرية ، ولكن الجزء العلوي من هذا الأفق يكون عادة عبارة عن المادة الأصلية في دور انتقال من حالتها الأولى إلى الحالة المفتتة . ويعرف هذا الأفق أيضاً باسم مادة الأصل Parent Material .

وفي حالة الأراضي الرسوبية أو المنقولة يطلق عادة على الطبقة التي تقع تحت الطبقة المنقولة اسم الطبقة التحتية Sub-stratum . وعالماً ليس هناك أي علاقة بين هذه المادة والمادة التي رسبت فوقها ، بعكس الحال في الأراضي المحلية فإن الأراضي تتبع في أصلها مادة الأصل التي تكونت منها ، كما أن خواص الأرض الناتجة تشابه لدرجة ما خواص مادة الأصل .

تحديد الآفاق في القطاع الأرضي :

لتحديد موضع الآفاق في القطاع الأرضي لتربة ما ، فإن ذلك يستدعي رسم خط بياني يبين فيه محور السينات « العمق » كما يبين على محور العينات الخواص المميزة المدروسة (مثل نسبة الأملاح ، أو



الشكل (١)

المواد الغروية .. إلخ) . وتعرف الخاصية المميزة المراد تمثيلها من نتائج التحليلات والتقدير التجريبية التي تجري على العينة المدروسة .

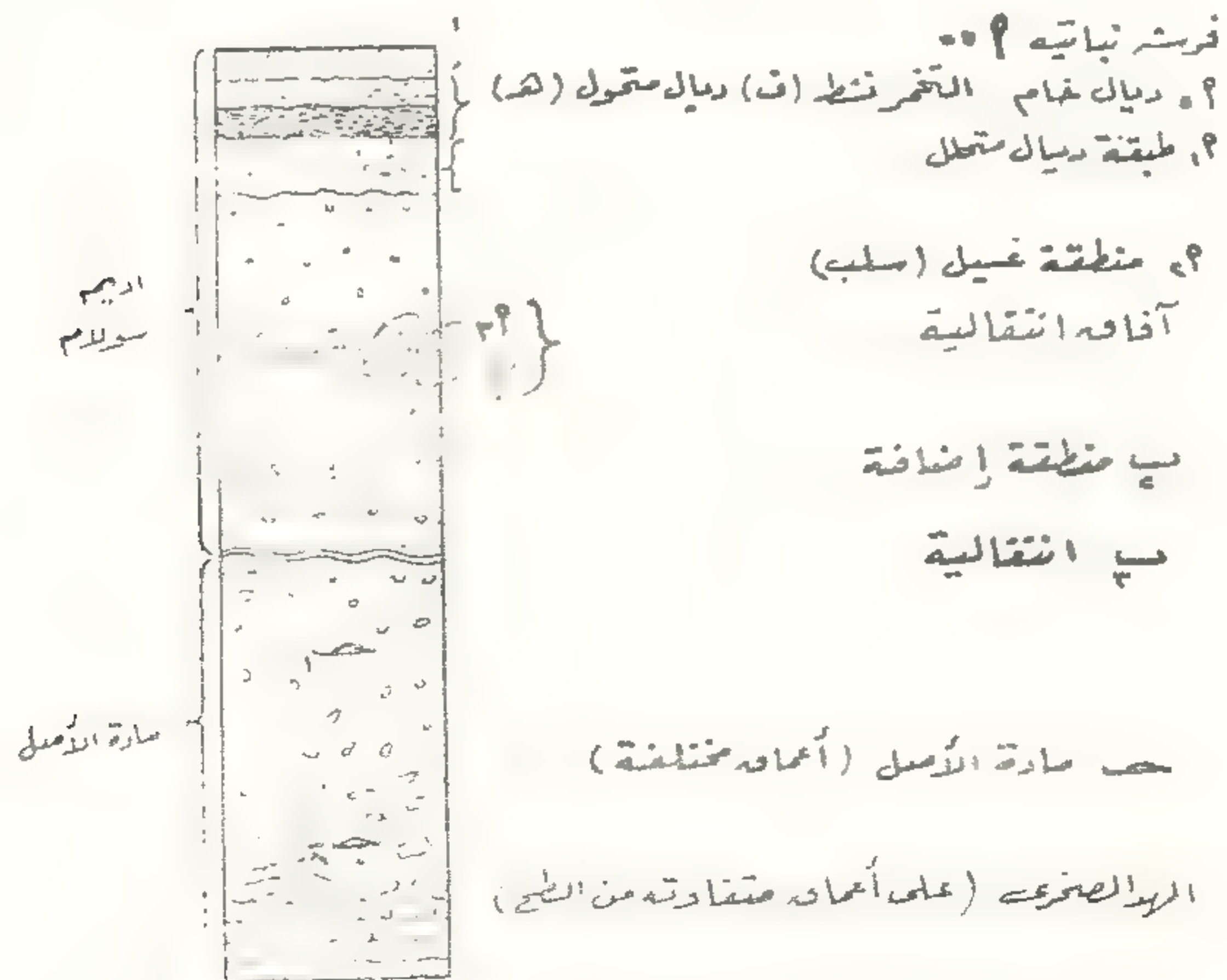
فنقطة النهاية الصغرى ، التي تدل على إزالة المواد ، تعتبر النقطة المتوسطة لافق آ ، ونقطة النهاية العظمى ، التي تدل على تجمع المواد المزالة ، تعتبر النقطة المتوسطة لافق ب ، والجزء الذي لم يتغير خواصه مع العمق ، يعتبر الافق ج .

وإذا كانت نتيجة الاختبارات لا أكثر من خاصة واحدة قد ادى الى وجود أكثر من نهاية واحدة صغرى ، وأكثر من نهاية عظمى . فيمكن عمل تقسيم فرعي لكل افق حسب عدد النهايات الصغرى والكبرى . مثلاً اذا وجد نهايتين صغريتين ، قسم الافق آ الى آ₁ ، آ₂ ، واذا وجد نهايتين عظميتين ، قسم افق ب الى ب₁ ، ب₂ . وبالمثل في حالة افق ج اذا وجد جزء منه في حالة مفتقة وجزء آخر في حالة صلبة .

وقطاع الارض يمكن اعتباره كتمريف يعبر عن تأثير عوامل تكوين الاراضي على الصخر بعد تفككه او نقله الى بيئته الجديدة ، ولذا يمكن اعتباره كوحدة تختبر خواصها على مقياس زمني ، حيث تتجه الارض دائماً نحو حالة توازن مع العوامل المحيطة المختلفة المؤثرة عليها . وتعتبر الارض انها وصلت الى حالة النضج الكامل اذا كانت خواصها لا تتغير مع الزمن ، ولذلك تعرف الاراضي الناضجة Mature soil بانها الاراضي التي وصلت الى حالة توازن ديناميكي مع تأثيرات الجو والكائنات الحية ولا تتغير خواصها مع الزمن .

اما التربة غير الناضجة Immature soil فهي التربة التي ما زالت في طور التكوين ولا تزال متأثرة بالعوامل البيئية المحيطة بها ، حيث ان القوى التي تعمل على تكوين التربة ما تزال نشطة ، ويأخذ نضج الارض آلاف السنين .

وفي التالي رسماً تخطيطياً كمثل لقطاع تربة متطورة « ناضجة » .



شكل (٢) رسم تخطيطي لقطاع أرضي نموذجي ناضج

وواضح من الشكل أن :

آ. - عبارة عن بقايا أوراق وأجزاء نباتية غير متحللة . ويكون سميكاً في أراضي الغابات ، ورقيقاً أو منعدماً في أراضي المراعي .

آ. - وهو المواد العضوية الآخذة في التحلل أو متحللة . ويكون غير موجود عادة في أراضي المراعي . بينما يمكن تمييزه إلى طبقتين في أراضي الغابات : العليا (ف) وهي طبقة التخمير النشط الآخذ في التحلل ، والسفلى (هـ) وهي طبقة الدبال المتحلل .

آ. - وهو مواد معدنية داكنة اللون ، ويحتوي على كميات كبيرة من المواد الدبالية مخلوطة مع المواد المعدنية . ويكون واضحاً وسميكاً في أراضي التشنوزم السوداء ورقيقاً جداً في أراضي البودزول وقد يكون غائباً أحياناً

آ. - وهو مواد معدنية فاتحة اللون نتيجة لعمليات التفسير والنقل . ويكون واضح جداً في أراضي البودزول حيث ينتقل الحديد والالومنيوم وتبقى السايكا فاتحة اللون أما في أراضي التشنوزم وأراضي المناطق الجافة ونصف الجافة فلا تحدث هذه الظاهرة ولذا لا يمكن مشاهدته .

آ. - طبقة انتقالية قريبة من مواصفات أفق آ .

ب. - طبقة انتقالية قريبة من مواصفات أفق ب .

ب. - منطقة الترسيب ، وتكون واضحة في أراضي البودزول حيث يكون لونها بني مائل للاحمرار نظراً لترسيب مركبات الحديد والالومنيوم المنقولة . وقد ينتقل الطين أحياناً من أعلى وترسب في هذه الطبقة على صورة طبقة رقيقة صماء تمنع رشح الماء خلالها ، وفي المناطق النصف جافة والنصف رطبة يلاحظ في هذه الطبقة تجمع كربونات الكالسيوم في صورة تجمعات ثانوية منقولة من الطبقة العليا . وعادة يكون البناء الأرضي واضحاً في هذه الطبقة

ب. - طبقة انتقالية .

ج. - مادة أصل مفتتة وغير ملتصمة .

ج. - الهد الصخري

ومن الضروري التأكيد إلى أن الآفاق المذكورة قد لا توجد جميعها في القطاع الأرضي لأرض معينة . فقد يكون القطاع غير واضح أو تأثر بظروف محلية خاصة كالتملح وغير ذلك . ولذلك تقرر الظروف التي تنشأ فيها الأرض الآفاق التي توجد فيها . فمثلاً عندما تزرع الأراضي البكر فإن سلاح المحراث يهدم التتابع الطبقي في هذا الجزء وتصبح طبقة الحرث متجانسة تقريباً . وقد تتعرض التربة إلى فعل الانجراف بتأثير الرياح والمياه ، حيث تزال الطبقات السطحية باستمرار وتعرض الطبقات السفلى

للسطح ويسمى القطاع في مثل هذه الحالة بالقطاع المكشوط .

ولقد عرف Marbut التربة الناضجة بأنها التربة التي لها قطاع ذات خواص مميزة وقد تحددت هذه الخواص . فقطاع أرض مؤلف من ثلاثة آفاق A,B,C يعبر عن تربة متطورة . وفي أراضي الجمهورية العربية السورية وجد المؤلف أن انفصال الحديد والالومنيوم لم يبدأ بعد في الأراضي سوى في بعض البقع البسيطة الواقعة في أعالي الجبال الساحلية والناشئة على صخور بازلية حيث يحتوي افق ب على حديد وغضار . أما في بقية المناطق فإن الانفصال يكون كلياً أو جزئياً لكربونات الكالسيوم حيث تنتقل من الطبقات السطحية بفعل مياه الأمطار لتتجمع في مكان ما من الطبقات السفلى على شكل تجمعات ثانوية ، ويتناسب عمق التجمع مع كميات الأمطار التي تؤثر بدورها على سمك القطاع الأرضي . وفي مثل هذه الأراضي يمكن تجاوزاً أن نقول أن الأراضي من نوع ABC ، حيث A طبقة انفصال الكربونات بينما B طبقة تجمع الكربونات المنقولة . وتنتقل الكربونات عادة على صورة بيكربونات $Ca (HCO_3)_2$ وعند الجفاف تتحول ثانية إلى كربونات ثانوية $CaCO_3$ وتنتشر هذه الأراضي في أغلب السهول الواقعة شمال شرق البلاد وفي سهول حلب وحماه وحموران .

أما في المناطق الجافة فإن القطاع الأرضي يكون عادة من نوع AC ، حيث تمثل A الطبقة المفتتة المكونة لسطح التربة ، بينما تمثل C الطبقة الأمية الجيرية كذلك في غابات السنديان والصنوبر في الجبال الساحلية يلاحظ أن القطاع من نوع AC يكون A أسود اللون غني بالحجارة ، و C صخور كلسية . وفي منطقة الجبال الساحلية حيث تكون الأمطار غزيرة فلها تسبب إزالة الطبقات السطحية باستمرار من أراضي المرتفعات وبذلك يكون قطاعها من النوع المكشوط . ويلاحظ في أراضي شواطئ الأنهار أنها لا تحوي قطاعاً مميزاً واضحاً نظراً لاهلها تعتبر أراضي حديثة تضاف لها طبقات جديدة سنوياً أثناء فيضان النهر .

عوامل تكوين الأراضي :

يلاحظ في تكوين الأراضي وجود طورين متتابعين : الأول هو تكوين المادة التي تتجرت عن الانحلال وانفتت من الصخر الأصلي .

والثاني ، هو تحويل هذه المادة بفعل عوامل تكوين الأراضي إلى الجسم الجديد أي التربة ويكون الثاني : عبارة عن عوامل التجوية Weathering مصطعبة بفعل الكائنات الحية .

وقد رأينا مما تقدم أن أي أرض زراعية ، ماهي إلا نتيجة لعوامل واسعة التباين من العوامل الجوية والجيولوجية والطبوغرافية والحيوية التي عملت على مر السنين فبالعوامل الجوية قد تختلف من البرد القارس كما في المناطق القطبية إلى الجو المعتدل في المناطق المعتدلة ، إلى الجو الحار في المناطق الاستوائية وفي كل مكان من هذه المناطق الثلاث قد يكون جافاً عديم المطر كالصحاري ، أو نصف

جاف ، أو نصف رطب ، كما قد يكون رطباً كثير الامطار . وكذلك نجد من الناحية الجيولوجية ان كل مساحة من الارض قد تتشابه وقد تختلف في صخورها عن صخور المساحات الاخرى . كما ان طبوغرافية كل مكان تختلف من اراضي واقعة في مناسيب أوطأ من سطح البحر أو قريبة منه او على هضاب ومرتفعات . كما تختلف النباتات والاحياء النامية في كل مساحة عن الاخرى كائنات بأنواعها او حشائش ... الخ .

وبناء على ذلك قدم بني Jenny النظرة الجديدة للارض من الناحية التكوينية ، حيث اعتبر الارض تابع Function يتبع متغيرات Variables عدة هي : المناخ والكائنات الحية وطبوغرافية المكان ومادة الاصل والزمن ووضعها في صورة المعادلة الآتية :

$$S = F (Cl.O.R.P.T)$$

أي ان الارض تابع (خ ، ك ، ط ، م ، ز) حيث أن

Cl = Climate O = Organisms R = Topography
P = Parent material T = Time

وطبيعي ان تنتج هذه العوامل التكوينية المتعددة اراضي متنوعة تختلف كثيراً أو قليلاً عن بعضها البعض . وتتناول بإيجاز تأثير هذه العوامل كل على حدة :

١ - المناخ : ويتحدد المناخ عادة بمعاملين هما درجة الحرارة السائدة ، وكمية الامطار الهائلة . وأمكن تقسيم العالم إلى أربع أقسام رئيسية هي : حار ممطر ، وحار جاف ، وبارد ممطر ، وبارد جاف ، ويرجع أثر المناخ في التأثير في خواص الارض المختلفة كالتالي :

آ - فبالنسبة للمادة العضوية : تزداد كمية الآزوت وكذلك كمية المادة العضوية كلما ازدادت كمية الامطار ، والعكس صحيح . إذ زيادة المطر يزداد نمو النباتات وبالتالي يزداد المتبقي منها بعد موتها . فان كان المناخ حاراً رطباً كان التحلل سريعاً ، أما إذا كان المناخ بارداً تراكت المادة العضوية في الارض .

ب - أما المادة المعدنية : فان الاملاح المنفردة نتيجة لتحلل الصخور بفعل عوامل التجوية تتعرض للفسيل Leaching إلى اسفل في المناطق الرطبة ، ولا يحدث مثل ذلك في المناطق الجافة ، بل تبقى في الارض . ولقد وجد في المناطق ذات الامطار القليلة أن الاراضي تحوي طبقة أو أفق من كربونات الكالسيوم او المغنيسيوم أكثر من الطبقات التي تعلوها أو تلك التي تليها ، وصميت مثل هذه الاراضي بأنها من نوع Pedocals إذ يحتوي قطاعها أفق الكربونات .

بينما في المناطق الرطبة ، فان قطاعها يحتوي على طبقة أو أفق من إيدروكسيدات الحديد والالومنيوم ، وتسمى مثل هذه الاراضي Pedalfers . ويختلف موقع هذه الطبقة في القطاع : ففي المناطق الباردة

حيث يكون تحلل المواد العضوية بطيئاً تتراكم المواد العضوية في التربة وتعمل تأثير الأرض حامضياً وبالتالي تصبح مركبات الحديد والالومنيوم في جو تتقل منه داخل القطاع الأرضي بينما تتراكم السليكا في السطح . وعلى العكس في المناطق الحارة حيث تتحلل المواد العضوية بسرعة ويكون تأثير الأرض متعادلاً فتدوب السليكا وتنتقل من الطبقات السطحية إلى داخل القطاع وتبقى أكاسيد الحديد والالومنيوم على السطح .

٢ - الكائنات الحية : لا يمكن أن تكون أرض بدون حياة عليها ، وعلى الأخص النباتات ، وتختلف هذه النباتات الطبيعية بين الحشائش القصيرة إلى الشجيرات إلى الغابات ، ولكل من هذه النباتات مجموعته الخضري والجذري الخاص به ، وهذا من شأنه أن يكون بمثابة بيئة خاصة تتكيف بمقتضاها عمليات تكوين الأراضي . فالصنوبريات وما شابهها أشجار قليلة التغذية على القواعد ولذلك ينتج عن تساقط أوراقها تراكم بقايا حامضية شديدة في التربة ، وتغسل الأمطار الشديدة القواعد من التربة دون أن تموض . بينما الأشجار الأخرى كالزان فإنها تأخذ القواعد من التربة أثناء تغذيتها وعند تساقط أوراقها تتراكم مواد عضوية تحتوي على القواعد وبذلك لا تدع الفرصة لمياه الأمطار أن تقوم بغسل جميع القواعد من الأرض .

أما الأعشاب فإنها تؤخر تكوين القطاع الناضج وذلك نظراً لأنها تمتص القواعد بكميات كبيرة وبمعدل موتها تضيفه للتربة ثانية وهكذا في دورة حياتية مستمرة .

٣ - الطبوغرافية : تعبر الطبوغرافية عن الشكل الظاهري لسطح الأرض من حيث ارتفاعه وانخفاضه عن مستوى سطح البحر ، وهذا يؤثر على المناخ السائد وبالتالي على النبات النامي فيها . والمعلوم أن الحرارة في الجبال تكون منخفضة إذا ما قورنت مع المنخفضات وهذا يؤدي إلى الإقلال من النشاط الكيماوي في التجوية . ولكن من حيث الرطوبة تكون الصورة معاكسة ، إذ أن كمية الأمطار في المرتفعات تكون أعلى مما هي في السهول ، وزيادة الرطوبة تؤدي إلى تشجيع التحلل الكيماوي بدرجة أكبر مما في السهول . ويؤثر انحدار الأرض تأثيراً مباشراً في تكوين التربة ، ففي أراضي المنحدرات الشديدة يكون جريان الماء على السطح كبيراً ولا تتاح الفرصة لمياه الأمطار أن تتخلل التربة ولذلك تكون فرصة تكوين أراضي عميقة ضئيلة ، بينما في الأراضي المستوية وغير المتعوجة تتخلل مياه الأمطار التربة وبذلك تشجع تكوين تربة عميقة .

وتتعرض التربة الواقعة على المنحدرات الشديدة للانجراف بفعل المياه ولذلك تتعري طبقات جديدة لسطح مما يؤدي إلى الإقلال من سمك قطاع التربة في تلك المنطقة ، وفي أسفل المنحدرات توجد السفوح التي تتجمع فيها المواد المنقولة بالانجراف مما يؤدي إلى تكوين تربة عميقة ، ونظراً لقلة الانحدار تتخلل المياه هذه المنطقة بدرجة أكبر مما يزيد من النشاط الكيماوي في تكوين التربة . وعند متابعة

الاراضي الممتدة من اعلى نقطة في هضبة ما حتى المنطقة المستوية في سفح تلك الهضبة فانه يلاحظ اختلاف واضح في القطاع الارضي لهذه الازربة حتى ولو كانت ناشئة على طبقة امية من اصل واحد . ففي الاماكن المرتفعة يكون القطاع ضحلاً 'Shallow' نظراً لانحراف التربة منه باستمرار ، وكذلك لقلة التجوية إذ تكون كمية المياه التي تحترق المرتفعات قليلة بل تنحدر نحو الاماكن المنخفضة . بينما تكون الاراضي الموجودة في المنخفضات ذات قطاع عميق نسبياً ، وقد يكون لون التربة قائماً لزيادة المادة العضوية ، وفي المناطق الرطبة توجد في اراضي هذه المنخفضات مظاهر اختزال الحديد ولذلك تبدو رمادية اللون .

وعموماً فان الاختلافات التي تلاحظ بين قطاعات التربة في الاماكن المرتفعة من الهضبة تكون اقل وضوحاً من الاختلافات بين قطاعات السفوح . ولقد اتفق على تسمية مجموعة الاراضي التي تمتد من قمة هضبة حتى السهل المنبسط اسم سلسلة اراضي Catena إذ أن الاراضي الواقعة في سلسلة واحدة تتكرر بنفس الصورة والخواص اذا كانت الارض متموجة وتشكل العديد من السلاسل المتتالية الواقعة تحت ظروف مناخية متماثلة .

ولقد وجد أن لاتجاه انحدار الارض كبير الاثر في تكوين الاراضي ، فأراضي المنحدرات الجنوبية تكون تربتها اكثر عمقاً من أراضي المنحدرات الشمالية ، إذ ان التعرض لحرارة الشمس يكون بكمية اكبر وهذا يؤدي بدوره لسخونة التربة وبالتالي تنشط عوامل التجوية الكيماوية .

٤ - مادة الاصل : وهي الحالة الاولى لنظام الارض ، وتختلف بين الصخور النارية او الرسوبية ، وبالتالي يختلف تأثيرها على تكوين الاراضي . فمادة الاصل الجيرية تعطل عمليات تكوين الاراضي ، حتى ولو كانت في الجو الرطب ، إذ أن وجود كربونات الكالسيوم تجعل أيدروكسيدات الحديد والالومنيوم في حالة تجمع نظراً لغياب الدبال الحامضي ، وتنقص عملية هجرة الطين الى الطبقات تحت السطحية وبالتالي لا تتكون آفاق واضحة .

ولقد لوحظ ان الصخور النارية القاعدية تعطي اربة ذات قوام انعم وسمة حقلية اعلى من التربة المتكونة من صخور نارية حامضية . وعموماً تتقارب خواص التربة في الاراضي الناضجة . ويختفي أثر مادة الاصل كلما كانت عوامل التجوية نشطة ، أي ستنهي الاراضي الناشئة من صخور مختلفة إلى اراضي متماثلة في الخواص في نهاية التحلل .

وفي سوريا لاحظ المؤلف أن الاراضي الناشئة على صخور بازلية تختلف في خواصها تبعاً لموقع الارض . ففي المناطق الرطبة تغسل الامطار القواعد المنفردة من تحلل الصخر ويكون تأثير الارض حامضياً خفيفاً أو متعادلاً ، بينما في المناطق نصف الجافة فان التربة الناشئة على بازلت تحوي على نسبة واضحة من كربونات الكالسيوم بالرغم من عدم احتواء مادة الاصل على الكربونات ، ويرجع ذلك الى ارتباط الكالسيوم المنفرد من تحلل الصخر بفاز الفحم الموجود في الهواء الجـوـي وتكوين

كربونات كالسيوم في التربة . ويمكن ملاحظه ذلك من قطع البارات الموجودة على سطح التربة حيث تكون الناحية المعرضة للجو بيضاء اللون تقريباً بينما يكون الجزء المعرض للتربة أسود اللون .

٥ - الزمن : يعتبر الزمن احد عوامل تكوين الارض الهامة إذ تستمر عمليات تكوين الاراضي، من مادة الاصل تحت الظروف السائدة من المناخ والطبوغرافية ونوع النباتات النامية ، في نشاطها حتى تصل في النهاية الى حالة توازن مع هذه الظروف ، ويقال عند ذلك أن الارض قد وصلت الى حالة النضج . وأثناء تكوين الاراضي يمر القطاع الارضي بمراحل متباعدة حتى وصوله للنضج . ولقد اقترح تقسيم هذه المراحل الى ثلاثة اطوار :

الطور الاول ويسمى طور الشباب او الارض الفتية Young وهذه اراض لم تتكون اختلافات في قطاعها الارضي بعد ، مثل الاراضي الرسوبية والاراضي السافية . وفي هذا الطور تنمو النباتات وتتكون معادن الطين والمعدن الفروي .

الطور الثاني ويسمى طور النضج أو الاراضي الناضجة Mature وهذه اراض توضح في قطاعها آفاق مميزة مثل اراضي البدزول ، وهي في حالة توازن مع عوامل الطبيعة . أما الطور الثالث ويسمى طور الكهولة أو الاراضي المعمرة او المسنة Old وهذه اراض تنتج من فعل عوامل التحلل النشطة في الاراضي الناضجة ، حيث يتحلل الطين المتكون الى اكاسيد الالومنيوم والحديد والسليكا ، وتكون الارض غير خصبة نظراً للهدم الشديد ولانفصال العناصر الغذائية اللازمة للنبات .

ولقد اصطلح للحكم على نضج الارض متابعة الخواص التالية في القطاع الارضي :

- ١ - تأثير الارض أي (درجة الحموضة) .
 - ٢ - المادة العضوية .
 - ٣ - افق تجمع كربونات الكالسيوم .
 - ٤ - تجمع الطين .
 - ٥ - بعض التكوينات الاخرى كوجود طبقة متصلة في افق ب في اراضي البدزول وغيرها .
- وواضح من المناقشة السابقة أن الوصول الى قطاع ناضج لا يرتبط بالزمن الذي تعرضت له مادة الاصل فقط ، بل يرتبط بدرجة اكبر بمقدار نشاط عوامل تكوين الاراضي . ويمكن تلخيص العوامل التي تعمل على تأخير تكوين القطاع الارضي وبالتالي نضج الارض في النقاط الآتية :

- ١ - الامطار القليلة .
- ٢ - الحرارة المنخفضة .

٣ - احتواء مادة الاصل على نسبة عالية من الجير .

٤ - مادة الاصل المقاومة الى التعرية .

٥ - استمرار الترسيب بفعل الرياح أو المياه .

٦ - التعرية الشديدة بالمياه أو الرياح .

٧ - موقع الارض في منحدر شديد .

٨ - نشاط الانسان في عمليات الحرث وغيره .

.

ولقد اقترح أنه للدراسة تأثير أحد عوامل تكوين الاراضي ، مراعاة نشيت جميع العوامل الباقية . فمثلا لدراسة أثر المناخ تصبح المعادلة : $S = (Cl), O, R, P, T$ ، وهكذا في باقي العوامل . وهذا يعني اختيار منطقة للدراسة بحيث تكون اربعة من العوامل الخمسة المؤثرة في تكوين الاراضي ثابتة ، والمتغير هو العامل الخامس . وهذا طبعاً أمر صعب التحقيق . فلو اخترنا القطر العربي السوري كم منطقة لدراسة التربة ، لاحظنا فيه أن مادة الاصل تختلف بين صخور بازلتية من عصور زمنية مختلفة ، وصخور جيرية ذات طبيعة متباينة (مثل الطباشيرية أو مارل أو كربونات كالسيوم قاسية Limestone) ، وكل من هذه الصخور يقع بين المناخ الجاف ونصف الجاف ونصف الرطب والرطب . ولقد لاحظ المؤلف عند دراسته لآتربة منطقة حلب الممتدة بين سفوح الحدود الشمالية حتى البادية جنوباً ، ومن جبل سمان غرباً حتى نهر الفرات شرقاً أن اربعة من عوامل تكوين الاراضي ثابتة تقريباً وهي مادة الاصل ، والزمن ، والكائنات الحية ، والطبوغرافية ، بينما يتغير عامل المناخ بوضوح بين الجاف ونصف الجاف ونصف الرطب . وينعكس أثر المناخ على صفات التربة المتكونة من حيث : كمية كربونات الكالسيوم في اتربة المناطق الثلاثة وتوزيعها في القطاع الارضي ، وكذلك كمية الطين ، والمادة العضوية ، والاملاح الذائبة الكلية وغيرها من الخواص . فمثلاً تبين أنه كلما زادت كمية الامطار زاد تبعاً لذلك كمية الطين في التربة ، ونقصت كمية كربونات الكالسيوم وكذلك كمية الاملاح الذائبة الكلية . كما يزداد عمق القطاع الارضي بزيادة كمية الامطار ، كذلك لوحظ أن افق تجمع الكربونات يكون قريباً من السطح في المناطق الجافة ويزداد بعداً كلما انتقلنا نحو المنطقة الرطبة . أما حركة الحديد والالومنيوم والسليكا فانها لا تلاحظ في غالبية الاراضي السورية نظراً لاحتواء التربة على كربونات الكالسيوم . ويمكن ملاحظة حركة بسيطة للحديد والالومنيوم وكذلك هجرة للطين من الطبقة السطحية الى الطبقة تحت السطحية وذلك في الاراضي اواقعة في اعالي الجبال الساحلية والناشئة على صخور بازلتية .

الباب الثاني

الخواص الفيزيائية للأرض

وتشمل عشرة فصول هي :

- الفصل الأول : مكونات الأرض .
- الثاني : قوام الأرض .
- الثالث : عدد الحبيبات في الأرض ، والسطح الداخلي لها .
- الرابع : كثافة الحبيبات - المسامية .
- الخامس : التغيرات الحجمية في الأراضي .
- السادس : البناء الأرضي .
- السابع : مظاهر اليبوسة ، ودرجة التماسك - اللون في الأراضي .
- الثامن : الماء الأرضي .
- التاسع : الهواء الأرضي .
- العاشر : حرارة الأرض .

الفصل الأول

مكونات الأرض

SOIL COMPONENTS

قبل الكلام في خواص الأرض الظاهرية Soil morphology يجب ان نـلم بشيء عن مكونات التربة الأساسية . فالتربة جسم غير متجانس Heterogenous بطبيعة تكوينها فهي تحتوي على أربع مكونات رئيسية :

١ — الجزء الصلب Solid phase وينقسم الى :

آ — مواد معدنية Inorganic

ب — مواد عضوية Organic

٢ — الجزء السائل Liquid phase

٣ — الجزء الغازي Gaseous phase

المواد المعدنية :

وهذه مواد اما نتجت عن مكونات (بقايا) الصخر الاصلي كمكونات ثانوية مثل معادن الطين او مواد أولية قاومت عملية الانحلال . وحييات التربة عبارة عن فئات معدنية مختلفة الحجم والشكل والتركيب . وتعتبر الهيكل الاساسي للوسط الذي تنمو فيه الجذور . وتحلل هذه الحبيبات ببطء نتيجة لعوامل التجوية . وتختلف فيما بينها في نوع معادن الطين الموجودة بها ، وفي نسبة الحبيبات المختلفة الاقطار الى بعضها .

وبناء على هذا الاختلاف تتوقف خواص الأرض الكيماوية والطبيعية .

المواد العضوية :

وهذه اما ان تكون بقايا نباتات او حيوانات لم تتحلل او تحللت جزئياً ، ويطلق على الجزء الذي تحلل بشدة اسم الدبال Humus . فاذا كانت الظروف ملائمة للانحلال ، فان الاحياء الدقيقة الموجودة في

الارض تهـاجـم المواد العضوية لاستخراج الطاقة اللازمة لها وتحولها بذلك الى مخلوط معقد يطلق عليه الدبال .

ويصحب تكوين الدبال مواد أخرى مهمة من وجهه تغذية النبات مثل غاز الفحم وحمض النتريك وحمض الكبريتيك ويتبقى عادة اللجنين وبعض اجسام الكائنات الميتة . وكقاعدة عامة نجد ان نسبة المادة العضوية في الارض تقل بازدياد الحرارة وذلك لسرعة انحلال المواد العضوية وعدم تراكمها .

وتؤثر المواد العضوية تأثيراً حسناً على الخواص الطبيعية والكيميائية والحيوية . فوجودها يؤدي الى كثرة الاحياء الدقيقة التي تقوم بدورها بتهيئة جزء كبير من غذاء النبات . كما ان المواد العضوية تساعد على تحسين بناء الارض فتخففه في الاراضي الثقيلة ، وتجعله مناسباً في الاراضي الخفيفة . وهي تساعد على حفظ الارض للماء . كما ان الاحماض الناتجة منها تهـيـء الغذاء الصالح للنبات

الجزء السائل :

عندما يمر الماء في الارض فانه يذيب جزءاً من المواد القابلة للذوبان ويعرف حينئذ بالحلول الارضي Soil Solution ، الذي يعتبر المصدر الرئيسي لغذاء النبات .

وتتوقف قدرة الارض على الاحتفاظ بالماء على : نوع معدن الطين ، وعلى نسبة الجيبيات ذات الاقطار المختلفة . ويختلف تركيز المحلول الارضي من وقت لآخر فيزداد تركيزه قبل الري مباشرة . ويعتبر الماء من اهم العوامل التي تعمل على تحويل معظم اغذية النبات من حالة غير صالحة الى حالة صالحة .

الجزء الغازي :

وهو الهواء الارضي . وهو مهم كالماء لان جذور النبات والاحياء الارضية تحتاج اليه للتنفس . كما ان عمليات الاكسدة والكربنة اللازمة لخصوبة الارض لا تتم الا بوجوده .
ويختلف الهواء الارضي عن الهواء الجوي في ان نسبة غاز الفحم فيه عالية ، وذلك نظراً لتنفس الجذور وتحلل المواد العضوية ، وقد تبلغ هذه النسبة حتى ٢٠٪ من الهواء الارضي . كما ان هواء لارض مشبع بالرطوبة وتصل درجة تشبعه احياناً ١٠٠٪ . ويعتبر الهواء الارضي في تغير مستمر نظراً لعمليات الحيوية التي تحدث باستمرار قرب جذور النبات . وفي الاراضي الغدقة (المشبعة بالماء) تقل بة الهواء الموجودة وبهذا تعاني النباتات نقصاً في الاوكسجين .

الفصل الثاني

قوام الارض

SOIL TEXTURE

قوام الارض اصطلاح يقصد به ما يدل على حجوم الحبيبات الارضية الفردية Single Soil particles المكونة للتربة . فاذا اخبرنا عينتين من الاراضي : احدهما رملية والاخرى طينية شاهدنا بالعين المجردة واللمس باليد فروقا واضحة بينهما ، فالحبيبات الرملية لونها اصفر براق ، وهي كبيرة الحجم ، نصف شفافة تميل الى الشكل الكروي ، ولكنها غير منتظمة ، كما انها لا تلتصق ولا تتجمع مع بعضها ، وهي ما يطلق عليها اسم الحبيبات البسيطة Simple particles . اما الطينية فيلاحظ أن حبيباتها دقيقة معتمة ولا يمكن رؤيتها بالعين المجردة بسهولة وتبدو وكأنها مسحوق بني اللون ولو فحصت تحت عدسة مكبرة شوهدت الحبيبات الدقيقة متجمعة في مجموعات غير منتظمة يطلق عليها اسم الحبيبات المركبة Compound particles ويحدد قوام الارض الى مدى بعيد كثيراً من الخواص الطبيعية ، كرشح الماء وتحرك الماء الشعري وقوة حفظ التربة للماء وسرعة التهوية فيها وقوة تماسكها ... الخ .

والحبيبات الارضية غير منتظمة الشكل عادة ولكنها تميل في مجموعها الى الشكل الكروي ، لذلك يفرض دائماً عند الكلام عليها من الوجهة النظرية انها كرات منتظمة .

ولما كانت حبيات التربة في الغالب مختلفة الاقطار ، وقد تدرج في الحجم من الحمى الى الطين فقد اتفق الان على تقسيمها الى مجموعات ذات اسماء خاصة ، كل مجموعة تشمل الحبيبات المحصورة اقطارها في نطاق معلوم . وقد تقرر في الجمعية الدولية للاراضي عام ١٩٢٧ ان تقسم حبيات التربة الى المجموعات الآتية :

- ١ - مجموعة الحصى Gravel واقطارها اكبر من ٢ مم .
- ٢ - مجموعة الرمل الخشن Coarse sand واقطارها من ٢ الى ٠.٠٢ مم .
- ٣ - مجموعة الرمل الناعم Fine sand واقطارها من ٠.٠٢ الى ٠.٠٠٢ مم .

- ٤ - مجموعة الغرين (سلت) Silt واقطارها من ٠.٠٠٢ الى ٠.٠٠٢ مم
٥ - مجموعة الطين (الغضار) Clay واقطارها اقل من ٠.٠٠٢ مم .

اما في الولايات المتحدة ، فيعتمد فيها تقسيم آخر هو :

حدود القطر/مم	مجموعة الحبيبات
٢١٠٠ - ١١٠٠	رمل خشن جداً
١١٠٠ - ٠١٥٠	رمل خشن
٠١٢٥ - ٠٠٦٥	رمل متوسط
٠٠١٠ - ٠٠٢٥	رمل ناعم
٠٠١٠ - ٠٠٠٥	رمل ناعم جداً
٠٠٠٢ - ٠٠٠٥	سلت
أقل من ٠.٠٠٠٢	طين

وفحص التربة من الوجة الطبيعية اي من وجهة اطوال اقطار حبيباتها تهمننا لملاقة ذلك بخواصها وهذا الفحص يستلزم فصل حبيباتها الى مجموعات ذات اقطار خاصة ، ومعرفة نسبة كل مجموعة من هذه المجموعات الى كل التربة . وعملية فصل وتقدير الحبيبات هذه يطلق عليها عملية التحليل الميكانيكي للتربة .

التحليل الميكانيكي للتربة :

التحليل الميكانيكي هو سلسلة العمليات التي تجرى على التربة في المختبر لتحديد تكوينها الميكانيكي ، أي معرفة نسبة مكوناتها من الحبيبات ذات الاقطار المألومة .

فاذا كان الغرض من التحليل دراسة موضعية ، تؤخذ عينات من طبقات القطاع الممثل للموضع . واذا كان الغرض من التحليل دراسة شاملة لمكان ما ، تخطط العينات بسبب متساوية خطياً جيداً لتمثيل متوسط المكان .

واذا كانت الارض تحتوي على حصا اقطاره تزيد عن ٢ مم ، يفصل هذا الحصا بالتربة لان وجود هذا الحصا وعدم انتظام توزيعه في التربة يدعوان الى زيادة الخطأ في تقديرات التحليل الميكانيكي . وتسمى التربة الخالية من الحصا والمغربة بفرمال ٢ مم بالتربة الناعمة او ناعم التربة Fine Earth ، وهي التربة الصالحة لاجراء التحليل الميكانيكي عليها . واسس جميع الطرق المستعملة في التحليل الميكانيكي هي :

اولاً - فصل الحبيبات الخشنة من التربة بالفرايل .

ثانياً - معاملة التربة بطرق خاصة تفكك حبيباتها المركبة وتحولها الى حبيبات مفردة .

ثالثاً - استخدام قانون استوك في احد امرين :

١ - فصل بعض مجموعات ذات اقطار معينة عن بقية حبيبات التربة .

٢ - إيجاد تركيز الحبيبات في معلق التربة عند عمق مخصوص بعد زمن معين ، اما بأخذ عينة منه ، أو بتقدير كثافة المعلق .

ويتطلب اجراء التحليل الميكانيكي طبقاً لما يسمى بالطريقة الدولية عمليتين :

الاولى - تعرف بالمعاملة الابتدائية Pre-treatment وفيها تفكك الحبيبات الى مكوناتها الفردية وتسمى العملية بالتفريق Dispersion .

والثانية - هي تعيين النسب المختلفة للحبيبات الموجودة في الارض .

اولاً - المعاملة الابتدائية : وتشمل هذه المعاملة عدة مراحل ، حيث تجري على عينة التربة بعد فصل الحصى منها بفرال قطر ثقبه ٢ مم ، وتجري المعاملة الابتدائية وفق الخطوات الآتية :

آ - اكسدة المادة العضوية ، وذلك باضافة فوق اكسيد الايدروجين تركيزه ٦ ٪ بكمية تكفي لأكسدة المادة العضوية .

ب - ازالة المواد اللاحمة المعدنية للحبيبات مثل : كربونات الكالسيوم ، وكبريتات الكالسيوم ، واكسيد الحديد والالومنيوم ، وذلك باضافة حمض الكلوريدريك المخفف .

ج - التخلص من الاملاح الذائبة ، وذلك بفسيل التربة بالماء المقطر .

د - العمل على تفرقة الحبيبات باضافة مواد كيميائية لها خواص مفرقة مثل سداسي فوسفات الصوديوم Sodium Hexa - metaphosphate أو الصودا الكاوية أو كربونات الصوديوم ، أو كبريتات الليثيوم ، أو الامونيا ، وذلك لاحتلال أيون الصوديوم محل الايونات المجمعة لحبيبات الطين كأيونات الكالسيوم والمغنيسيوم .

هـ - تقليب أو رج التربة ميكانيكياً إما لمدة ساعات إذا كان الرج بصورة متتلة ، أو لحوالي ١٥ دقيقة إذا كان التحريك بالجهاز الخلاط حيث يكون التحريك شديداً .

و - تحضير محلول مخفف من المعلق .

وتتوقف المعاملة الابتدائية على :

آ - طبيعة الارض ، طينية أو رملية .

ب - وجود أو غياب الاملاح وكمياتها ونوعها .

الفصل الرابع

كثافة الأراضي الحقيقية والظاهرية - المسامية

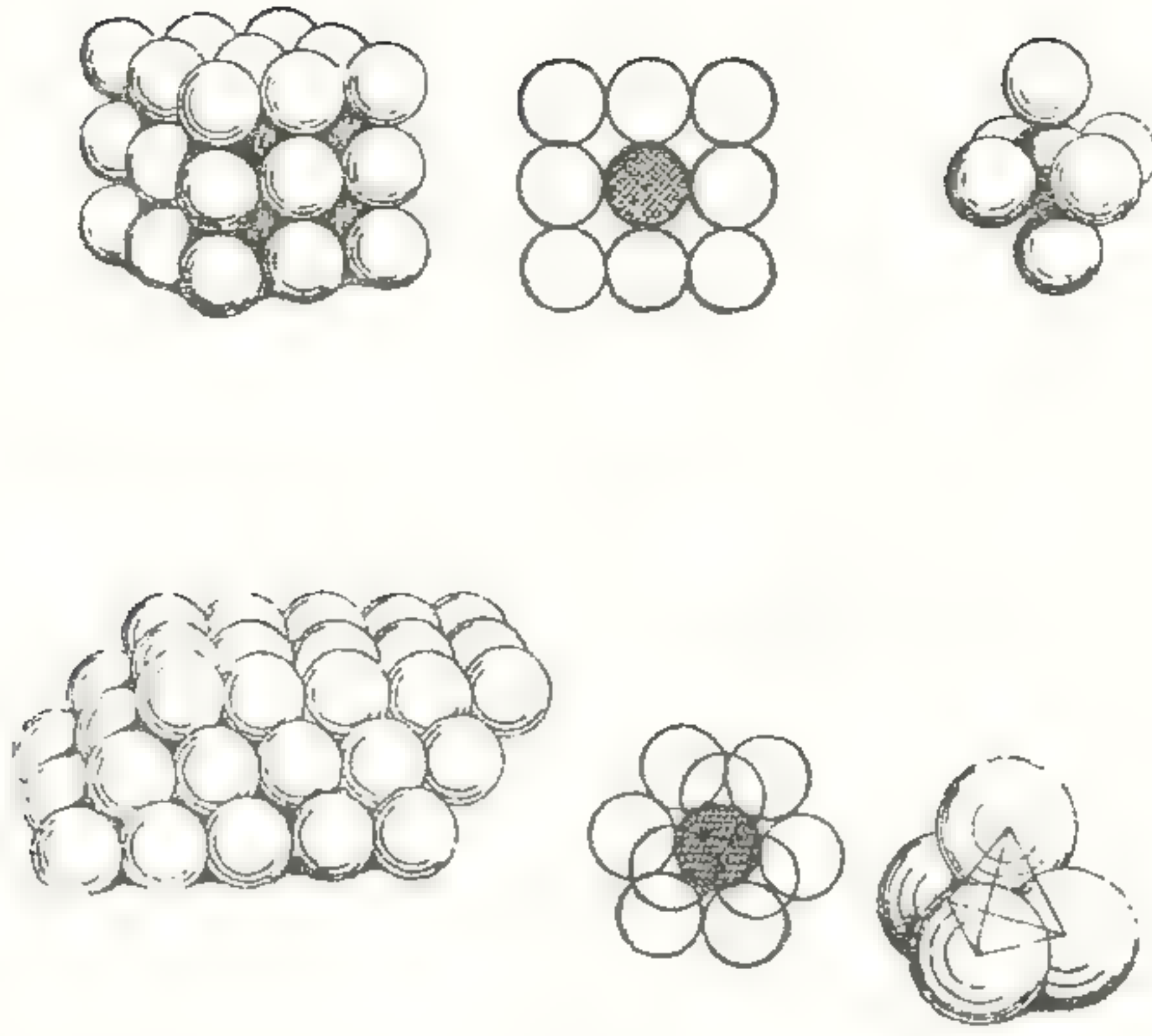
PARTICLE DENSITY — BULK DENSITY AND
POROSITY OF SOILS

نظام ترتيب الحبيبات :

ترتيب الحبيبات هو نظام تلاحقها وتجاورها وتماسكها مع بعضها البعض . وتتوقف عليه بعض الصفات المتعلقة باتساع المسافات البينية في التربة مثل الرشح والري والتبخر والتهوية . ويمكن تبسيط فكرة الترتيب بفرض ان الارض مكونة من حبيبات نموذجية ، يمكن ترتيب هذه الحبيبات وفق نظامين وهما نظام التفكك Open or loose packing ونظام التزاحم Close packing . ففي نظام التفكك يمكن أن تكون الحبيبات النموذجية مرتبة في صفوف متعامدة ، وكل حبيبة تمس (٦) حبيبات متجاورة ، وتكون المسافات بينها بشكل معين كما في الشكل (٨ أ) ، وفي نظام التزاحم تكون الحبيبات النموذجية مرتبة في صفوف مائلة ، وكل حبيبة تمس (١٢) حبيبة مجاورة ، كما تكون المسافات البينية مثلثة الشكل . واذا اوصلت مراكز الكرات بعضها ببعض نشأت اهرام ثلاثية ، زواياها مائلة بمقدار (٦٠°) ، كما في الشكل (٨ ب) . ويكون حجم المسافات البينية في نظام التفكك حوالي ٤٧.٦٤٪ من حجم التربة ، بينما يبلغ في نظام التزاحم حوالي ٢٥.٩٢٪ . ففي نظام التفكك تكون الحبيبة كضمن مكعب ، أما في نظام التزاحم فتكون كضمن هرم . وطبعياً لا توجد هذه الانظمة كما هي بصورتها هذه في الحالة الطبيعية في التربة ، بل يسود أحد الانظمة على النظام الآخر .

ويمكن تغيير نظام الحبيبات في التربة بالطرق الآلية ، فعمليات الحرث بأنواع الحراث المختلفة ، والعزق ، والتمشيط ، كلها تدعو الى سيادة نظام التفكك وما يتبعه من اتساع المسافات البينية . اما عمليات التلويط والتسوية والتزحيف فكلها عمليات تدعو الى سيادة نظام التزاحم .

واذا استعاض عن الحبيبات الفردية بحبيبات مركبة فان المسامية تزداد تبعاً لذلك . اما اذا دخلت حبيبات صغيرة في المسام بين الحبيبات الكبيرة نتيجة لعمليات الخدمة غير الملائمة فان المسامية تقل ، وتميل مسامية الارض غالباً لنظام « مسامية الحبيبات المركبة » اذا كان بناؤها مناسباً .



شكل (٨) حبيبات نموذجية مرتبة في كل من نظامي التفكك والتراحم

الكثافة الحقيقية :

تعتبر كثافة الحبيبات الصلبة ، التي تكون الأرض ، إحدى الوسائل التي يعبر بها عن كتلة الأرض . وعادة ما تعرف الكثافة الحقيقية بأنها كتلة وحدة الحجم لحبيبات الأرض . ولا تتأثر الكثافة الحقيقية بتنظيم الحبيبات (البناء الأرضي) فتكون واحدة في الأرض إذا كانت مفككة Loose أو مندمجة Comqact . وتختلف الكثافة الحقيقية باختلاف المعادن التي تكونت منها الأرض إذ أنها متوسط كثافات المواد المكونة لحبيبات التربة . وتقع الكثافة الحقيقية للأراضي المعدنية ما بين ٢١٦ — ٢١٧٥ غ/سم^٣ ذلك لأن كثافة الكوارتز والفلسبار والسليكات النورية تقع في هذا الحد وانها تكون معظم معادن الأرض . وتزداد الكثافة الحقيقية للأراضي في وجود المعادن الثقيلة مثل الماجنتيت والهورنبلند فقد تزيد عن ٢١٧٥ غ/سم^٣ . على هذا يمكن القول أن نعومة أو خشونة المواد المعدنية ليس لها تأثير على الكثافة الحقيقية . ولما كانت كتلة المادة المضوية تقل بكثير عن كتلة الحجم المائل لها من أي مادة معدنية صلبة فإن وجود مثل هذه المكونات المضوية يغير في كثافة الأرض الحقيقية ، لذلك نلاحظ نقص الكثافة الحقيقية للطبقات السطحية عن الطبقات التحتية للأراضي فقد تنخفض إلى ٢١٤ غ/سم^٣ في الطبقات السطحية للأراضي المحتوية على نسبة عالية من المادة المضوية . وعادة فإن متوسط الكثافة الحقيقية في الطبقات السطحية للأراضي المزروعة يمكن اعتباره حوالي ٢١٦٥ غ/سم^٣ .

الكثافة الظاهرية :

والطريقة الثانية التي يعبر بها عن كتلة الأرض ، تشمل : كثافة الجسيمات الصلبة والمسافات البينية الموجودة بينها . وهي كتلة وحدة الحجم الأرض الجافة . ولا يعبر الحجم في هذه الحالة عن حجم المادة الصلبة فقط كما في الكثافة الحقيقية ، وإنما يشمل كلا من حجم المادة الصلبة وحجم المسام .

ولما كانت كتلة الحجم من المادة الصلبة تزيد عن كتلة نفس الحجم من الأرض بما فيها المسام ، لذا فإن الكثافة الحقيقية عادة ما تكون أعلى من الكثافة الظاهرية وتزيد الكثافة الظاهرية في الأراضي المندمجة حيث يعمل الاندماج على زيادة المادة الصلبة في الحجم المأخوذ وبالتالي زيادة كتلة هذا الحجم من الأرض . ولا يمكن بأي حال من الأحوال أن تزيد الكثافة الظاهرية عن الكثافة الحقيقية ، كما أنه ليس بمعقول أن تتساوى هاتين القيمتين ، فهذا يعني أن المسامية = صفر .

وتتغير الكثافة الظاهرية حسب بناء الأرض بمعنى أنها تتأثر بعمليات الخدمة المختلفة ، كما أنها تتأثر بالمادة العضوية في الأرض . فالأرض المفككة والمحتوية على فراغات كثيرة تكون الكثافة الظاهرية لها صغيرة ، وعلى العكس في الأراضي المندمجة حيث تزداد الكثافة الظاهرية - وعادة تميل الأراضي الرملية التي تتجاوز حبيباتها بشدة نظراً لانتظام سطوحها إلى زيادة في كثافتها الظاهرية إذا ما قورنت مع الأراضي ذات الحبيبات الناعمة التي لا تتجاوز حبيباتها بنفس الانتظام في الأراضي الزراعية عادة .

ووجود المادة العضوية عموماً يخفض من قيمة الكثافة الظاهرية ليس فقط لانخفاض كثافة المواد العضوية ، بل إلى تحسين البناء الأراضي وزيادة حجم المسام الكلي حيث تجعل البناء اسفنجياً واسمماً مفككاً . وتلعب المادة العضوية هذا الدور في كل من الأراضي الرملية والأراضي فاعمة القوام .

وعموماً يلاحظ أن الكثافة الظاهرية في الطبقات السطحية أخفض مما هو في الطبقات العميقة - ويرجع ذلك إلى تأثير عمليات الحرث المستمرة ، وإلى احتوائها على المواد العضوية ، وكذلك عدم اختراق الجذور إلى هذه الطبقات ، بالإضافة إلى اندماج التربة تحت تأثير وزن طبقات التربة التي تعلوها .

وتقع قيمة الكثافة الظاهرية للأراضي عادة بين ١٦٤ - ١٦٨ غ / سم^٣ . وقد تصل الكثافة الظاهرية للطبقات التحتية للأراضي إلى حوالي ٢ غ / سم^٣ .

ولا تعبر الكثافة الظاهرية للأراضي عن خواصها الطبيعية فحسب ولكن يمكن الاستعانة بها في التعرف على : كمية الماء اللازمة للري والكمونات المعدنية ، والمادة العضوية ، كما يستعان بها لحساب مسامية الأراضي .

المسامية :

يقصد بمسامية الأرض ذلك الجزء منها الذي يشغله الماء والهواء . وتقدر حالة البناء بمسامية

الأراضي ، حيث أنها ذات علاقة كبيرة بقوام واندماج وتحميل الأراضي . وتوجد علاقات رياضية يستطيع بواسطتها تقدير المسامية نذكرها بالتالي :

نفرض ان كثافة التربة الحقيقية θ وكثافة التربة الظاهرية θ_p . فاذا اخذنا وزناً معلوماً من التربة وليكن K ، كان الحجم الحقيقي لهذا الوزن K/θ ، والحجم الظاهري له K/θ_p . ولما كان مقدار المسافات البينية يساوي إلى الحجم الظاهري - الحجم الحقيقي ، لذا يمكن القول أن :

$$\text{المسافات البينية} = \frac{K}{\theta_p} - \frac{K}{\theta}$$

$$\text{وتكون المسافات البينية في كل } 100 \text{ غ} = \frac{K}{\theta_p} - \frac{K}{\theta}$$

$$100 \times \frac{K}{\theta_p - \theta}$$

ويمكن اختصار المعادلة على الشكل :

$$\text{المسامية كتلة} = 100 \times \frac{\theta - \theta_p}{\theta \cdot \theta_p}$$

$$\text{وتكون المسافات البينية في كل } 100 \text{ سم}^3 = \frac{K}{\theta_p} - \frac{K}{\theta}$$

$$100 \times \frac{K}{\theta_p - \theta}$$

$$\text{المسامية حجماً حقيقياً} = 100 \times \frac{\theta - \theta_p}{\theta_p}$$

وتنسب المسافات البينية الى الكتلة الجافة او الى الحجم الحقيقي ، كما اوضح في المعادلات السابقة وقد تنسب الى الحجم الظاهري ، وتصبح المعادلة عند ذلك :

$$\text{المسامية (حجماً ظاهرياً)} = \frac{\text{الكثافة الحقيقية} - \text{الكثافة الظاهرية}}{\text{الكثافة الحقيقية}} \times 100$$

وكما هو واضح فإن تقدير المسامية يمكن أن يتم بدلالة الكثافتين فقط .
ويمكن الاستعانة بالجدول التالي في التعرف على مسامية الاراضي المختلفة :

نوع الارض	الكثافة الظاهرية غ/سم ³	الكثافة الحقيقية غ/سم ³	المسامية (ح ظ) %
رملية	١١٥	٢١٦٥	٤٣٦٤
طميية	١١٤	٢١٦٥	٤٧١١
سليطية طينية	١١٣٠	٢١٦٥	٥٠١٩
طينية	١١١	٢١٦٥	٥٨١٥

ويظهر من الجدول السابق ان المسامية تتأثر : قوام الارض فتزداد في الاراضي الثقيلة عن الاراضي الخفيفة كما تزداد في الاراضي التي تحتوي على نسبة عالية من المادة المضوية ، والاراضي ذات التجيب الجيد . كما تتأثر بالعمق ، حيث تقل المسامية في الطبقات التحتية المندجة . وأيضاً فان نظام الدورة المتبعة وتعاقب المحاصيل له تأثير كبير على مسامية الاراضي .

ويوجد نوعان من المسام في الاراضي : مسام واسعة Macropores ، ومسام ضيقة Micropores .
والاولى تسمح بمرور الهواء والماء الراشح ، بينما الثانية تعوق مرور الماء ، حيث تقتصر حركة الماء على الخاصة الشعرية . والحقيقة لا يوجد حد فاصل بين النوعين . وبناء على ذلك فانه بالرغم من قلة مسامية الاراضي الرملية فان حركة الماء والهواء فيها سريعة ، وهذا يعزى الى وجود المسام الواسعة ، بينما في الاراضي الثقيلة ، فان وجود المسام الضيقة يجعلها تحتفظ بالماء ، ويبطئ من سرعة حركة الماء والهواء ، وتكون المسامية في هذه الحالة أعلى من الاراضي الخفيفة . فالهم ادن ليس كمية المسافات البينية الكلية الموجودة في التربة ، بل حجم هذه المسافات وكذلك نسبة المسام الواسعة الى المسام الكلية . فالعمل على تخفيف وتجيب الاراضي الثقيلة يشجع التهوية ، ليس هذا بزيادة المسافات البينية الكلية ، ولكن بزيادة نسبة المسافات الواسعة .

وقد تصل نسبة المسافات البينية في الاراضي الرملية الى ٣٠ ٪ أما في الاراضي الطينية المجمعة حبيباتها قد تصل الى ٥٥ - ٦٠ ٪ حجماً .

والعلاقة السابقة تبين أنه كلما قلت الكثافة الظاهرية يزداد مقدار المسافات البينية والعكس صحيح . وعلى ذلك فالاسباب والعوامل التي تدعو الى زيادة الكثافة الظاهرية تدعو الى انقاص المسافات البينية ، والتي تدعو الى نقص الكثافة الظاهرية تزيد المسافات البينية . إذن مقدار المسافات البينية ينقص كلما زادت الكثافة الظاهرية .

ومن الضروري الاشارة الى دور الآلات الزراعية في ذلك ، فان استخدام الآلات الثقيلة وتنفيذ

الاعمال الزراعية المجهدة في الاراضي الخفيفة تؤدي إلى كبس التربة بشدة مما يزيد الكثافة الظاهرية وبالتالي تقل كمية المسام فيها . وعلى العكس في الاراضي الثقيلة ، فإن اثاره التربة جيداً يتطلب آلات ثقيلة وعمليات خدمة مستمرة وذلك من أجل تحويل المسام الضيقة إلى مسام واسعة . ولذلك تستخدم الآلات الخفيفة للاراضي الخفيفة والآلات الثقيلة للاراضي الطينية كي تتمكن من خدمة الارض .

كما أن عملية الري وما يتبعها من تمدد في التربة يؤدي إلى انقاص الكثافة الظاهرية ، وينتج عنها ازدياد في سعة المسافات البينية . وبالعكس كلما جفت التربة وزادت كثافتها الظاهرية نقصت سعة المسافات البينية لها .

وعلى أي حال يمكن ان يقال ان العوامل التي تؤدي إلى تجميع الحبيبات كإضافة المادة المصوية أو املاح الجير تزيد من المسافات البينية ، بينما العوامل التي تعمل على تفريق الحبيبات المتجمعة تخفض من قيمة هذه المسافات . فالملحظ في الاراضي القلوية ، التي تتسبب قلوبتها من وجود كربونات صوديوم وهي مادة مفرقة للحبيبات الارضية ، ان مسافتها البينية تقل بصورة ملحوظة نتيجة لتفريق .

الفصل الخامس

التغيرات الحجمية في الاراضي

VOLUME CHANGE IN SOIL

يلاحظ في الاراضي التي تحتوي على نسبة من الطين ، انها عندما تجف تشقق شقوقاً تختلف في العمق حسب درجة الجفاف ، وحسب نسبة الطين بها فقد تصل الشقوق في الارض الطينية الى عمق بضعة اقدام . وهذه الشقوق تزيد في سرعة ودرجة جفاف الارض ، مما يساهم على انكماش الارض وزيادته وضوحاً . وقد ذكر جرين H. Green في وصفه لقطاع النموذجي بالسودان ان جزءاً من تربة السطح يسقط في الشقوق على عمق بضعة اقدام ، فتسبب عن ذلك دورة مستمرة بطيئة في مواد التربة بمعنى ان مواد التربة تسقط الى تحت التربة وتصير جزءاً منها ، ويحل محل التربة الساقطة تربة جديدة وهكذا . ولقد لوحظت نفس الظاهرة من قبل زين العابدين في اراضي كل من حوران وسهل المكاري وبعض مناطق حلب وهذه الظاهرة تؤدي الى تأخير تكوين قطاع ارضي في التربة ، نظراً الى المزج الطبيعي الذي يحدث باستمرار بين الطبقات السطحية والطبقات التحتية التي يمتد التشقق الطولي اليها .

ويمكن ملاحظة التمدد بالابتلال Expansion والانكماش بالجفاف Shrinkage مخبرياً ، بري علة مملوءة بالتربة حتى السطح رياً غزيراً فيلاحظ ان التربة تنتفخ ويزداد حجمها ، فاذا تركت لتجف ، فيلاحظ نقص في حجم التربة بزيادة باضطراب الجفاف حتى يصل لحد أدنى ، واذا مارويت الارض ثانية عادت فشغلت الحجم السابق من جديد .

وبحصول التمدد بالابتلال ، والانكماش بالجفاف في التربة نتيجة لعاملين :

الأول :

وجود الغرويات الارضية من طين ومادة عضوية . وهذه المواد تميل الى امتصاص الماء مع زيادة في حجمها عند الامتصاص . فعند انتفاخ هذه المواد فانها تدفع الجسيمات بعيداً عن بعضها البعض بقدر

تددها ، كما أن جفاف هذه المواد ، تبخر الماء منها ، ينقص حجمها المنتفخ فيصغر الحجم الظاهري للأرض .

الثاني :

ضغط الاغشية المائية حول الحبيبات ، وأثر هذه الاغشية مساعد لأثر الغرويات والمادة العضوية ، فوجود الماء بكثرة بسبب زيادة في سمك الاغشية فترتخي وتسمح بالتمدد الذي تعمله الغرويات الأرضية ، بينما تقعر هذه الاغشية بالتبخر ، يزيد من تقعر الخصور بين الحبيبات ، فتجذب الحبيبات وتقربها بعضها الى بعض .

وتنتيجة لهاتين الظاهرتين ، أي التمدد والانكماش في التربة ، تظهر الشقوق فيها وتحدث نتيجة لاختلاف درجات الانكماش ، والذي يحصل في جميع الاتجاهات ، ان يحصل التمزق والانفصال في النقط الضعيفة التماسك وتبدأ الشقوق أولاً على السطح بسبب فقده بسرعة للماء بالتبخر ، وزداد عمق الشقوق باضطراد مع جفاف التربة من السطح الى ما تحته من الطبقات .

ويستفاد من الشقوق في تهوية الأرض ، كما انها تساعد على تبخير الماء منها وتعمل بفقده ، وفي نفس الوقت تساعد على سرعة الرشح ، واذا حدث التشقق في منطقة نمو الجذور فانه يمزق جذور النباتات .

وتتشقق الأرض عادة في نظام خاص يعتبر دليلاً على نوع الأرض كما يدل دلالة ذات قيمة على خواصها ، فتكون الشقوق واضحة وعميقة في الأراضي الطينية إذ تكون الكتلة كبيرة الحجم ، بينما تكون اصغر حجماً والشقوق اقل وضوحاً في الأراضي الغرينية ، اما الأراضي الرملية فلا تتشقق عادة إلا إذا اختلطت بنسبة من السلت والطين .

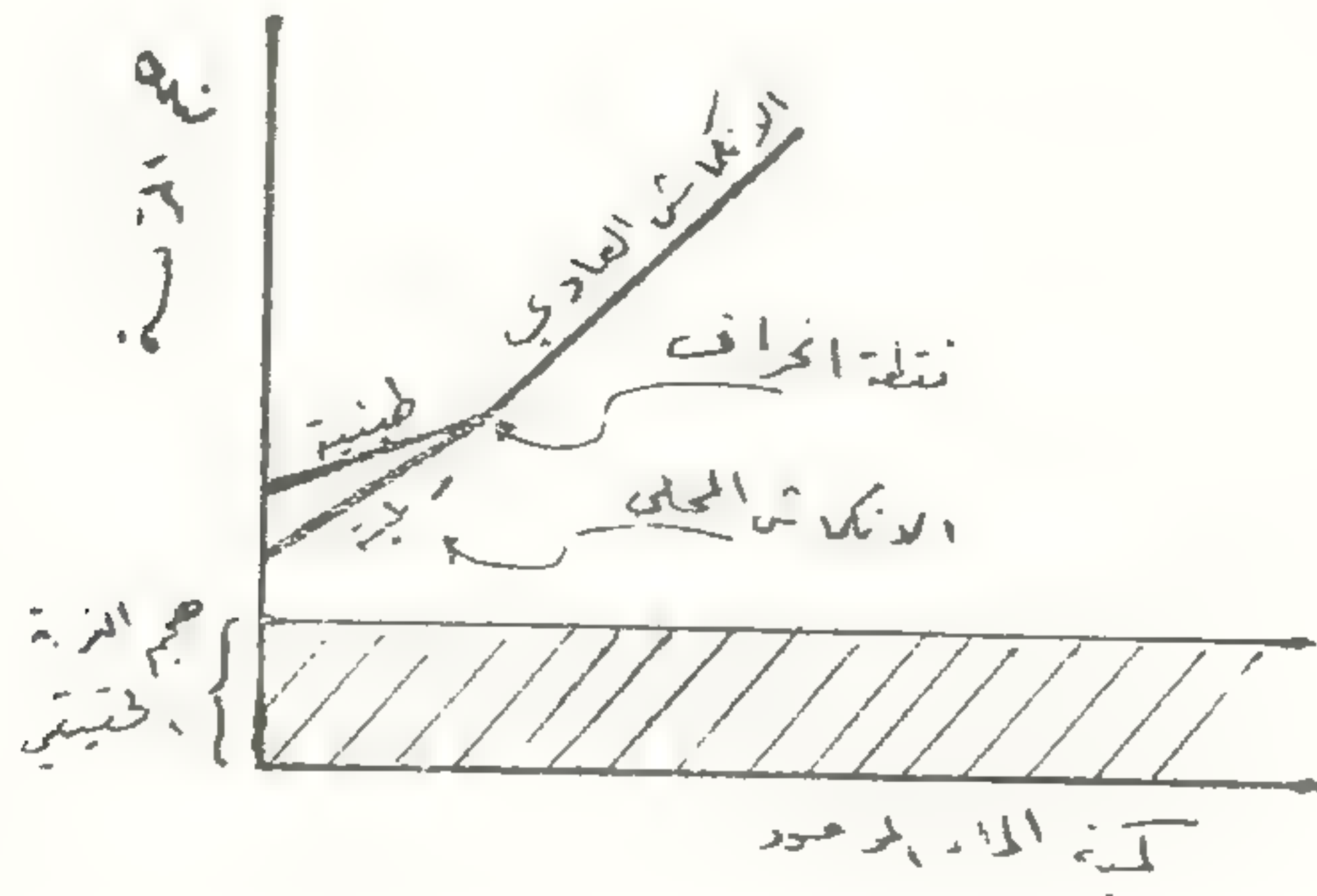
وبهنا من الوهلة الزراعية معرفة التغيرات الحجمية المتعلقة بالانكماش أكثر من التمدد . ويمكن تقسيم الميكانيكا التي تحدث الانكماش الى فترتين :

١ - الفترة الأولى :

الانكماش في الحالة ذات الصورتين (أرض وماء فقط) أي أن التربة مشبعة بالماء كلية ؛ فاذا اخذنا كتلة من الأرض في هذا الطور نجد ان جميع المسام مشغولة بالماء ، واذا وجد علاوة على ذلك ماء على السطح ، فان الجذب السطحي يعمل تماماً كما في حالة سطح الماء الحر ، أي في اتجاه افقي ، ولا يكون له تأثير مطلقاً حتى يتبدى الجفاف . وعندما يتجه الماء الى أسفل في حركته ، مخترقاً المسام الأرضية ، يجذب معه الحبيبات بقوة تساوي الجذب السطحي وقد وجد أن قطر الحبيبات يؤثر على القوة الجاذبة فتزداد في الأراضي الطينية وتقل في الأراضي الرملية .

وبقياس حجم الانكماش الذي يحدث في هذا الطور ويسمى طور الانكماش العادي ، نجد أن النقص في حجم التربة الكلي يساوي الى النقص في الوزن الذي يرافق تبخر الماء من التربة ، أي أن

العلاقة التي تربط حجم الأرض ونسبة الرطوبة فيها في هذا الطور هي علاقة خط مستقيم ، وامتداد هذا المستقيم ينصف الزاوية القائمة المحصورة بين محور العينات وبين مواز لمحور السينات من نقطة التقاطع . وهذا يعني أن النقص في وزن الماء أو حجمه نتيجة التبخر يرافقه نقص مساو تماماً في حجم الأرض - شكل (٩) .



شكل (٩) العلاقة بين نقص حجم التربة الكلي وبين فقد الرطوبة منها

٢ - الفترة الثانية :

انكماش الأرض في الحالة ذات الثلاث صور (مادة صلبة + ماء + هواء) . في هذا الطور يصعب الزلافي الحبيبات على بعضها باستمرار الجفاف ، ونظراً لاختلاف الحبيبات في الترتيب والشكل فإنه يحصل اختلاف في القوة المؤثرة ويبدأ الهواء في الدخول من مناطق الضعف . ويصحب الجفاف في هذا الطور تغير في الحجم ، ولكن العلاقة السابقة تنحرف عن الخط المستقيم حيث يكون النقص في حجم الأرض أقل من النقص في وزنها ويبدأ الهواء في الدخول .

ويطلق على انكماش الأرض في هذا الطور بالانكماش المحلي . وتسمى النقطة التي يتحول فيها الانكماش من العادي الى المحلي بنقطة الانحراف . وهذا التغير يكون واضحاً في الأراضي الطينية عنه في الرملية ، وتكون الكتل الناتجة أصلب نظراً لصر الحبيبات فيكون التلاصق بينها تاماً والتماسك أشد .

ويرجع السبب في الانكماش المحلي الى :

١ - ان حجم الجزيئات المائية يكون اقل من الحقيقة نتيجة لضغطها قرب وحول الجييات .

٢ - عند فقد الماء من التربة ، تقترب الجييات من بعضها وتتاس بدرجة اكبر ، ولكن معدل فقد الماء يكون اكبر من معدل النقص الناتج في حجم الارض ويلاحظ أن مقدار الانحراف يكون كبيراً وواضحاً في الاراضي الطينية وأقل وضوحاً في الارض الرملية. ويرجع ذلك لصغر الجييات وما يتبع ذلك من زيادة السطح المعرض والقوى الجاذبة للماء . والانكماش المحلي في الاراضي الرملية غير مهم نظراً لكبر الجييات وما يتبع ذلك من صغر سطحها المعرض وضعف القوى الجاذبة للماء ، وبذلك يمكن أخذ فكرة عن قوام الارض من تتبع الانكماش في الارض فنجد انه يبلغ الحد الاعظم في الاراضي الطينية ، والنهاية الصغرى في الاراضي الرملية أما متوسطة القوام فيقع منحني انكماشها بين النهايتين. ويطلق مهندسو البناء اسم حد الانكماش Shrinkage limit على درجة الرطوبة التي لا يحصل عندها أي نقص مطلقاً في حجم الارض نتيجة لفقد الارض .

تأثير الابتلال على التغيرات الحجمية :

إذا بليت كتلة من الارض الجافة بكمية من الماء تكفي لرفع الرطوبة إلى الطور ذي انصورتين (أي الانكماش المادي) فان العلاقة بين حجم الارض والماء المضاف تنطبق تماماً على منحني الجفاف . أما إذ بليت كتلة الارض الجافة بكمية من الماء بحيث تصل الرطوبة الى طور الانكماش المحلي فقط ، فعند ذلك تختلف العلاقة بين الحجم الكلي للارض وكمية الرطوبة في حالة الابتلال عما لو كان الانتقال نحو الجفاف . إذ يلاحظ ازدياد حجم الارض الكلي في طور الابتلال . ويرجع ذلك الى وجود بعض الهواء الذي يبقى محصوراً في المسام والذي لا يستطيع الخروج من هذه المسام بسهولة ، نظراً لأن سرعة أخذ الماء تكون أكبر من سرعة خروج الهواء من المسام خصوصاً في الطبقات تحت السطحية . وتبعاً لذلك يزداد الحجم الكلي للارض ويعمل الهواء المحصور على الضغط على الجييات المحيطة به مما يضغط تماسكها .

ويستفيد المزارعون من هذه الخاصية عندما تتصلب الاراضي ولا تسهل خدمتها نتيجة للجفاف الزائد خصوصاً بعد الحصاد ، فأفضل طريقة لتسهيل خدمتها هي ري الارض رياً سريعاً بكمية قليلة من المياه تكفي لرفع الرطوبة الى حدود طور الانكماش المحلي ثم الانتظار حتى الجفاف المناسب فنجد أن الخدمة تسهل كثيراً . وتشاهد هذه الظاهرة في الاراضي المحروثة عندما يسقط عليها المطر فنجد انها تتفكك وتصبح سهلة الخدمة

الفصل الثامن

بناء التربة

SOIL STRUCTURE

لما كان قوام الارض مهم جداً في التعرف على بعض خواصها ، فان تنظيم الحبيبات يعتبر أكثر أهمية . وتشير كلمة بناء التربة الى نظام ترتيب الحبيبات الفردية والمركبة التي تكون الارض نتيجة لعمليات الانكماش والانكماش ، ويتكون من مجموعة الحبيبات بناءً مميزاً لكل أرض . ويتميز القطاع الارضي ببناء معين ، كما قد يختلف تحجب التربة من طبقة الى اخرى، وتتأثر خواص الارض، كحركة الماء ، وحرارة الارض وتهويتها ، والكثافة الظاهرية والمسامية تتأثر بالبناء الارضي ، وهذه التغيرات الطبيعية التي يهدف اليها المزارع ، بالحرث والخدمة والعزق والتسميد وازافة المصاحات الى أرضه ، ترتبط ببناء الارض أكثر منه بقوامها .

ومعظم المواد الاصلية التي تكون الارض ، مثل : الرمل والصلت ، لا يظهر عليها أي نوع من أنواع البناء الارضي إذا افترقت الى المواد الرابطة كالطين مثلاً .

ميكانيكية البناء :

يعتبر جزيء الماء ذا خواص قطبية (ولذلك يشترك الماء في تفاعلات مختلفة مع الايونات والمواد الذائبة) ، كما أن حبيبات الارض الغروية تتفاعل مع الماء المحيطة بها كما تتفاعل الالكترونات (المواد والاملاح المتأينة مثل NaCl) تماماً . وبما أن معظم الحبيبات في الارض ذات شحنة سالبة فان هذه الشحنات يجب أن تعادل بجذب شحنات مساوية لها موجبة ، وعادة تجذب اليها ايونات الكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم والبوتاسيوم والهيدروجين . هذه الكاتيونات يمكن أن تتحرك جزئياً في الماء ، وتبتعد عن سطح الحبيبات ولكن مع ذلك تبقى نسبة الكاتيونات قرب السطح أكثر منها في أي مكان آخر .

وتنظم جزيئات الماء نفسها على طول خطوط القوى الكهربائية الممتدة بين كل شحنة غريبة حرة

(سالبة) في سطح الحبيبة وكل ايون مستقل عن سطح الحبيبة .



شكل (١٠)

وبذلك يصبح كل من الكاتيون والانيون (حبة طين مثلاً) محاطاً بغشاء من الماء . فعند تقارب الجزيئات من بعضها نتيجة لعمليات الجفاف يزداد تركيز الحبيبات نسبياً ، وتكون بعض سلاسل اتصال من جزيئات الماء بين انيون الحبيبة والكاتيون الحر ، هذه السلاسل هي التي تربط الحبيبات ببعضها ، وتتوقف قوة الربط هذه على طول هذه الروابط وعدد نقط الاتصال .

فعند جفاف الارض يقصر طول الروابط ويزداد عدد الكاتيونات ، لزيادة التركيز ، المشتركة بين الحبيبات المتجاورة . وبهذا تزداد قوى الربط بين الحبيبات مع الجفاف ، ونظراً لاختلاف الكاتيونات المختلفة في قوى الربط فان مجاميع الحبيبات تنفصل عند نقطة الضعف ، فينتج عن ذلك شقوق في الارض ، وحبيبات مركبة ذات نظام خاص يميز الاراضي المختلفة .

والى حد ما يشبه الحبيبات وتحولها الى حبيبات بحجم متماسكة تكوين البلورات ، بمعنى انها تميل الى تكوين مستويات تنفصل أو تتكسر بموازاتها . وتكون مستويات الانفصال هذه حواف ذات زوايا حادة أو مائلة أو مستديرة ، ويندر أن تكون المجمعات في الارض ذات شكل وحجم واحد خصوصاً على السطح ، ولكن يبدأ شكل البناء في الوضوح كلما تعمقنا وبعيدنا عن السطح .

وفي حالة غياب الكاتيونات أو قلتها ، تنعدم حلقات الاتصال أو تكون قليلة جداً ، ولذا لا تتكون شقوق . وإذا تكونت فانها تكون غير عميقة ، ولا تكتسب الارض بناءً خاصاً ، بل تكون فردية الحبيبات . وفي حالة وجود نسبة عالية من الأملاح التي تعتمد على الاقلال من درجة الانحلال المائي ، فان نقط الاتصال بين الحبيبات تقل . ولا يتكون من ذلك شقوق أو بناء خاص ، بل تبقى الارض مفككة ويظهر ذلك بوضوح في الطبقة السطحية للاراضي المالحة والقلوية .

وهناك اصطلاحان يشيران الى بناء التربة :

١ - التجمع Flocculation ، ويقصد به تجاذب حبيبات التربة نتيجة للشحنات الكهربائية الموجودة

في التربة ، وسرعان ما تتحطم هذه التجمعات عندما توضع في صورة معلق بالماء .

ويرجع سبب التجمع هذا الى ما يسمى بالخواص الالكتروكينية لنظام الارض . فان الكاتيونات التي تمسك بشدة على السطوح القروية تعمل على خفض الجهد الكهربائي (Zeta Potential) لنظام الارض وبالتالي يسمح للحبيبات أن تنضم معاً أو تتجمع . وعموماً فان الكاتيونات ثنائية التكافؤ والتي ترتبط على الطين بشدة أكثر من الكاتيونات أحادية التكافؤ تعطي أنظمة ذات جهد كهربائي أقل مما تعطيه الكاتيونات أحادية التكافؤ المشابهة لها بالحجم . كذلك فان الكاتيونات شديدة التأدرت كالصوديوم تعطي أنظمة ذات جهد كهربائي مرتفع ، إذ أن غشاء الماء السميك يمنع نشاط الكاتيون من الامتصاص على السطح ، ولذلك يميل عنصر الصوديوم لتفريق حبيبات التربة ، في حين يميل الكالسيوم لتجميعها .



شكل (١١) ارتباط حبيبتين طين بالكالسيوم ثنائي الشحنة

وبين الشكل رقم ١١ ارتباط حبيبتين طين تحملان شحنة كهربائية سالبة بواسطة كاتيون الكالسيوم الموجب ثنائي الشحنة . ويستطيع كل من الحديد والالومنيوم وغيرها من الكاتيونات عديدة الشحنة القيام بهذا الدور في التربة .

كذلك تقوم الكاتيونات عديدة الشحنة بدور المتجاذب الكهربائي بين جزيء الدبال المقيد وبين حبيبة طين أو جزيء دبال آخر ، وذلك تبعاً لنفس الفكرة التي يقوم بها الكاتيونات بتجاذب حبيبتين طين . إذ أن الدبال يحمل شحنة كهربائية سالبة كالطين ، حيث أن الايدروحين الموجود في المجموعة الحمضية ($R-COOH$) قد يزاح لسبب من الاسباب وعند ذلك تصبح المجموعة سالبة الشحنة ($R-COO^-$) وعند ذلك تقوم الكاتيونات عديدة الشحنة بترتيب نفسها بين جزيئات الدبال وبعضها أو بسين الدبال والطين .

٢ - المجمعات الثابتة Stable aggregate أو الحبيبات : بعد ان تتجمع حبيبات التربة تحت تأثير لتجمع flocculation بالتجاذب الكهربائي ، قد ترتبط بفعل المواد اللاصقة الموجودة في التربة ، وبذلك تحول التجاذب الكهربائي إلى التحام مما يجعل هذه المواد ملتصقة متماسكة ، وعند رجها بالماء لا تتباعد و تتحطم بل تبقى كما هي . والمواد اللاصقة في التربة إما أن تكون عضوية كاللدبال أو معدنية مثل كاسيد الحديد والالومنيوم أو كربونات الكالسيوم وغيرها .

ويميل المزارعون إلى تكوين المجمعات الثابتة في أراضيهم بالتسميد العضوي واتباع عمليات الخدمة

الملائمة وكذلك دورة زراعية مناسبة ، نظراً لأن هذا النوع يحفظ البناء من أن يتحطم تحت تأثير مياه الامطار أو مياه الري .

العوامل التي تؤثر في تحبيب التربة

إن للبناء الارضي الجيد أهمية كبيرة في الزراعة ، ويبدأ ذلك منذ زراعة البذرة حتى الحصاد ، فالبناء الجيد يعطي للبذور مرقداً ملائماً يحفظ فيه الرطوبة والهواء اللازمين للنبات . كذلك تستطيع الجذور ان تنتشر في التربة بسهولة باحثه عن الغذاء والماء دون وجود طبقات تعيق هذا الانتشار ، فمثلاً وجود طبقة طينية ولو رقيقة في التربة تؤدي الى تكوين بما يعرف بالطبقة الصماء Clay pan تمنع رشح الماء والهواء فيها كما تمنع اختراق الجذر لها ، ويزيد البناء الارضي الجيد المسام الواسعة في الارض الطينية ، كما يقلل من اتساعها في الارض الرملية وبذلك تزداد قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء فضلاً عن سهولة رشح الماء وانتقاله فيها . وتتأثر عملية التحبيب في التربة بالعوامل الآتية :

١ - معادن الطين والالكتروليتات الموجودة في التربة ، وعلى الاخص مركبات الكالسيوم وقد سبق شرحه .

٢ - المواد المضوية الغروية ، وتفسير تأثيرها العلمي غير معروف بالضبط نظراً لتعقيد تركيب هذه المواد من جهة ، وعدم ثباتها من جهة أخرى . ولعل خواص الدبال الكهربائية مشتركة مع خواص الطين تعتمد على تنظيم المجمعات ثم تثبيتها ، كذلك فان الافرازات المخاطية والنواتج الزججة للميكروبات قد تشجع على ذلك . والمادة المضوية لا تقوم بتشجيع التحبيب فقط بل تنقص الوزن وتزيد الحجم أيضاً ، وبذلك تهين المسام المميزة للمجمعات بالارض

ويبدو ان تحبيب الاراضي الطينية لا يمكن تشجيعه دون وجود كميات معينة من الدبال . وينسب العلماء الروس التركيب الجيد لأراضي تشيرنوزم المنتشرة في بلادهم إلى وجود المواد المضوية بها . والمهم أن نعرف أن فعل الدبال في تحسين البناء الارضي غير مستمر ولذا يجب إضافته باستمرار إذا أريد تحسين بناء الارض . ويطلق على الجزء الذي لم يعد قادراً على تحسين البناء اسم « الدبال السائب » .

٣ - اكاسيد الحديد والالومنيوم : عند تجوية الصخور والمعادن يفرد بعض الحديد والالومنيوم من مركباتها على صورة إيدروكسيدات ثلاثية ، وهذه الإيدروكسيدات لها خواص غروية غير عكسية أي عند جفافها تتحول إلى أكاسيد وتفقد معها الخاصية الغروية . ولما كان للحديد والالومنيوم شحنة كهربائية موجبة ثلاثية لذلك فانها تقوم بدور الربط بين الشحنات السالبة في الطين ، وتعملها ملتصقة بعد الجفاف .

٤ - تأثير ابتلال التربة ثم جفافها المتوالين ، وهذا يؤدي الى تمدد التربة وانكماشها الذي

سيؤدي بالتالي الى تكسير الحبيبات عند نقط الضعف . كذلك فان ضغط الهواء المحبوس في المسافات الداخلية عند ابتلال الارض في طور الانكماش المحلي ، فان هذا يعمل على ضغط الحبيبات وبالتالي تكوين حبيبات مركبة .

٥ - تأثير جذور النباتات على التجميع : - ويمكن ان يرجع الى العوامل التالية :

آ - يتسبب عن نمو الجذور والشعيرات الجذرية وامتدادها ، ان تتكسر الحبيبات في نقط الضعف فتكون حبيبات مركبة .

ب - تعمل مصاراب الجذور على تجميع الفرويات ولحما :

ج - تعمل المواد العضوية الناشئة عن تسطين وانحلال جذور النباتات بعد موتها وتفككها ، على تكوين الحبيبات المركبة .

٦ - التجميع الناشيء عن تجمد الماء ثم انصهاره : فعند تجمد الثلج وتكون البلورات الثلجية في الفجوات يزداد حجم الثلج ، وتتكسر الكتلة المتماصة الى اجزاء اصغر ، وفي نفس الوقت يعمد الضغط الناشيء في الاجزاء المجاورة على تكوين مجموعات من الطين ذات تركيب حبيبي .

٧ - تأثير عمليات خدمة الارض كالحرث والتزحيف .. الخ : ولهذه العمليات تأثيران متضادان أحدهما يساعد عملية التجميع ، والآخر ضار لها . والتأثير الحسن قهير الابد ، إذ أن آلات الخدمة تساعد على تفكيك الارض وخطط المادة العضوية وتهيئة مهد ملائم للبذور ، ولكن استمرار عمليات التمهيد لفترة طويلة لها تأثير معطل في مجتمات سطح التربة ، فهو يساعد أولاً على سرعة أكسدة المادة العضوية في الارض ، وثانياً فان آلات التمهيد الثقيلة تعمل على تحطيم مجتمات الارض الثابتة .

انواع البناء الارضي :

توجد للبناء الارضي أشكال عدة ، وقد يسود في القطاع الارضي نوع واحد من البناء ، والاعلم أن تعدد صور البناء حتى في القطاع الواحد ، وعموماً يمكن أن تقسم انواع البناء الارضي الى مجموعتين كبيرتين هما :

١ - أرض عديمة البناء : Structureless ويمتد أن أشكال البناء المختلفة تنشأ من هذا النوع وعادة ما تكون في أحد صورتين :

آ - حبيبات مفردة : ويشيع وجودها في الطبقات السطحية في الاراضي الرملية ، حيث تظهر كل حبيبة رملية منفصلة عن الاخرى عند الجفاف .

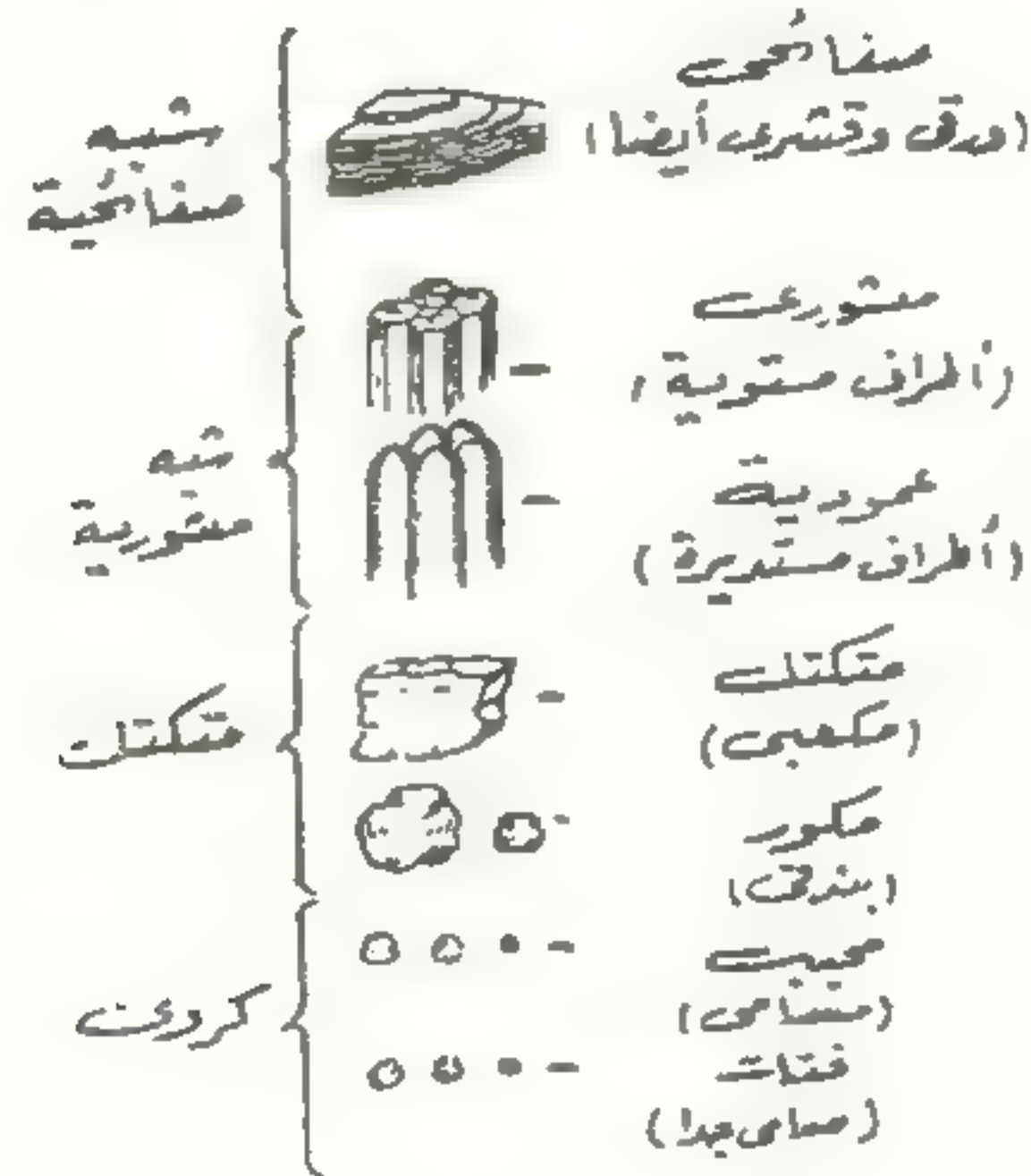
ب - حبيبات متجمعة بشكل مندمج Massive : ويشيع وجودها في الاراضي الرملية السليبية

والسلتية الرملية والسلتية . وتعمل المادة العضوية وكذلك كمية العاين البسيطة على تغيير الوسط الى بناء محبب ضعيف ، وفي هذه الحالة فان وحدات الارض تكون كبيرة وغير منظمة ، ولا يميزها شكل معين .

٢٠ - ارض ذات بناء معين : وتوجد منه انواع عديدة أهمها :

آ - البناء الطبقي Platy : وفيه يكون ترتيب الحبيبات او مجاميعها Aggregates في طبقات أفقية رقيقة . ويوجد هذا النوع من البناء في افق (آ) في الاراضي غير المزروعة أو بعض المناطق الرطبة . وهو بناء غير مرغوب فيه نظراً لقلة المسام الموجودة بين الحبيبات وما يتبع ذلك من قلة الهواء وبطء حركة الماء .

ب - البناء العمودي Columnar أو الموشوري Prismatic : يتكون هذا البناء أثناء عملية جفاف الارض التي تحتوي على طين غروي صودي حيث تتشقق الارض في شقوق طولية ، تختلف أعماقها، أما عرضها فقد يصل الى ١٥ سم أو أكثر . ويقلب وجود هذا النوع في افق (ب) في الاراضي



شكل (١٢)

شكل تخطيطي لانواع البناء الاراضي

القلوية الناضجة المعروفة باسم Setonetz ، وهو بناء غير مرغوب فيه نظراً لقلة المسام الموجودة ، وصعوبة اختراق الجذور والماء لهذه الطبقة . ووجود هذا البناء في افق (ب) يساعد على ازالة افق (آ) عند نزول أمطار غزيرة خصوصاً اذا كانت الارض منحدرية . ويتكون النظام العمودي بعد تكون النظام الموشوري ، حيث تتآكل كل حواف الموشور وينشأ عنه النظام العمودي .

ج - البناء المشطي Crumbular والحبيبي Granular : ويتكون من مجاميع من الحبيبات مفككة ، ويمكن تكسيرها بسهولة ، وتحتوي نسبة عالية من المسام . ويعتبر هذا البناء انسب الانواع التي يجب العمل على ايجادها في الاراضي الزراعية نظراً لسهولة خدمتها ، وملاءمتها لنمو النبات .

ومما يساعد على ايجاد هذا البناء زيادة نسبة المادة العضوية ومركبات الكالسيوم في الارض . ولقد لاحظ المؤلف انتشار البناء الحبيبي هذا في كثير من الاراضي السورية خصوصاً في سهول حلب وحمص وحماة وبعض سهول الجزيرة والساحل .

د - بناء متكتل Blocky أو ادوبي Adobe : ويتكون في الاراضي الطينية الثقيلة اثناء الجفاف حيث تنكمش الارض بشدة ، ويترتب على ذلك حدوث شقوق واسعة وعميقة . وتقسم الارض الى كتل Blocks كبيرة نسبياً ، ذات جوانب مسطحة تعمل زوايا قائمة تقريباً مع بعضها ، أي يمكن القول انها مكعبة الشكل تقريباً بطول الضلع ٢٠ - ٥٠ سم . والعوامل التي تمنع حدوث هذا البناء هو وجود كمية من الاملاح الذائبة وكربونات كالسيوم والواد العضوية والرمل .

وقد تنقسم الكتل الكبيرة الى مجاميع أصغر حجماً ، يتراوح قطرها بين أقل من ١ سم حتى ١٠ سم وتأخذ عدة اسماء : فاذا كانت الحواف حادة سمي البناء متكتلاً . واذا تحولت إلى شبه استدارة سمي البناء بتدياً أو كروياً .

ومن الممكن اضافة نوع ثالث الى النوعين السابقين وفيه تكون الارض ذات بناء متدهور Destroyed Structure ويحدث هذا اذا حرئت الارض الطينية وهي مبتلة فانها تصبح لزجة puddled وتقلل اللزوجة من مسامية الارض ، ويصبح سطح الارض في حالة متمجئة Cloddy غير مرغوب فيها . ويمكن الاحتفاظ بالبناء الحبيبي المرغوب فيه باجراء العمليات الزراعية عند مستوى رطوبة معينة في الارض ملائمة وتعتبر الاراضي اللزجة مهد غير مناسب للبذور ولنمو النباتات ، ويعزى هذا الى تدهور الخواص الطبيعية .

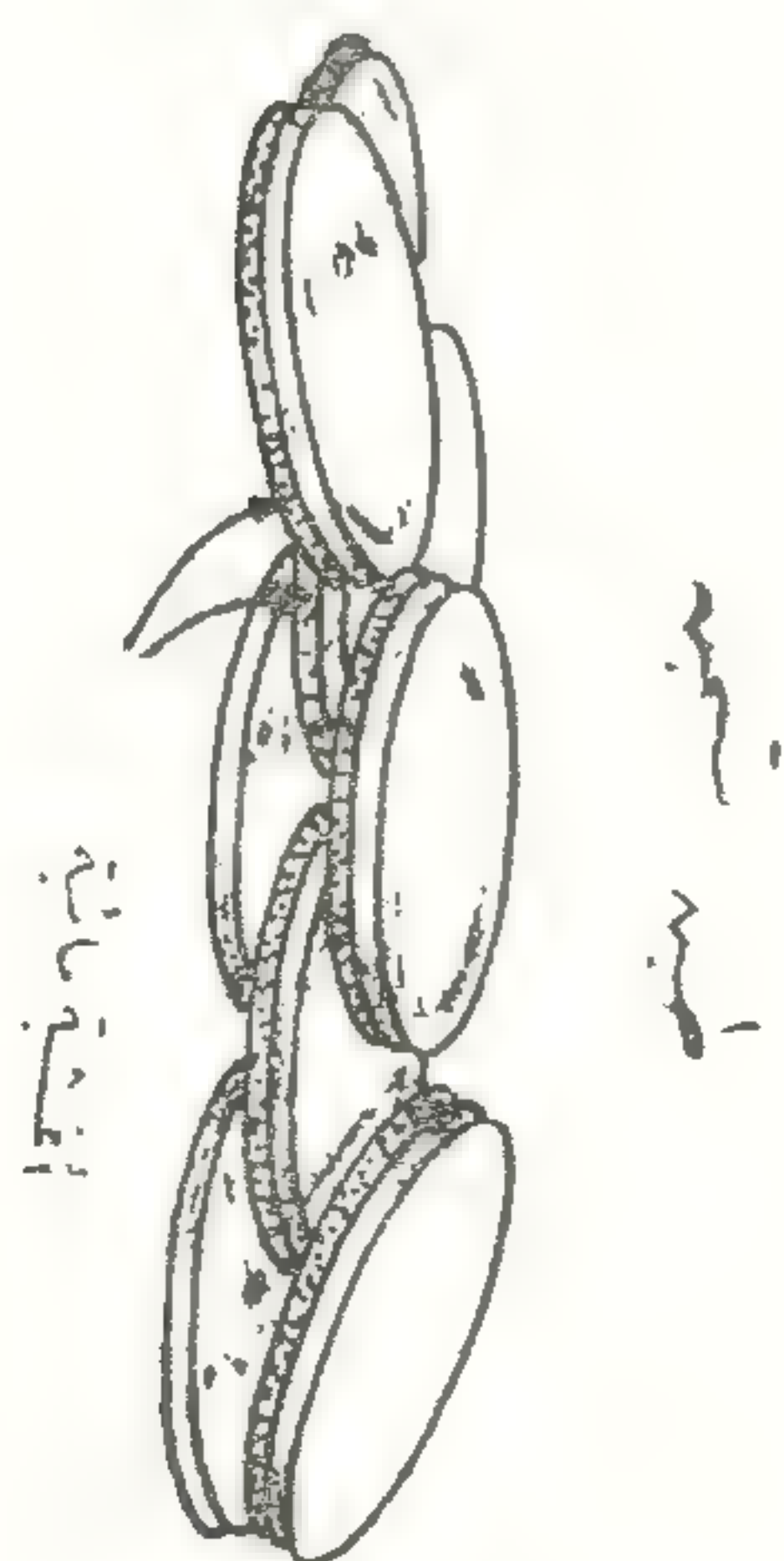
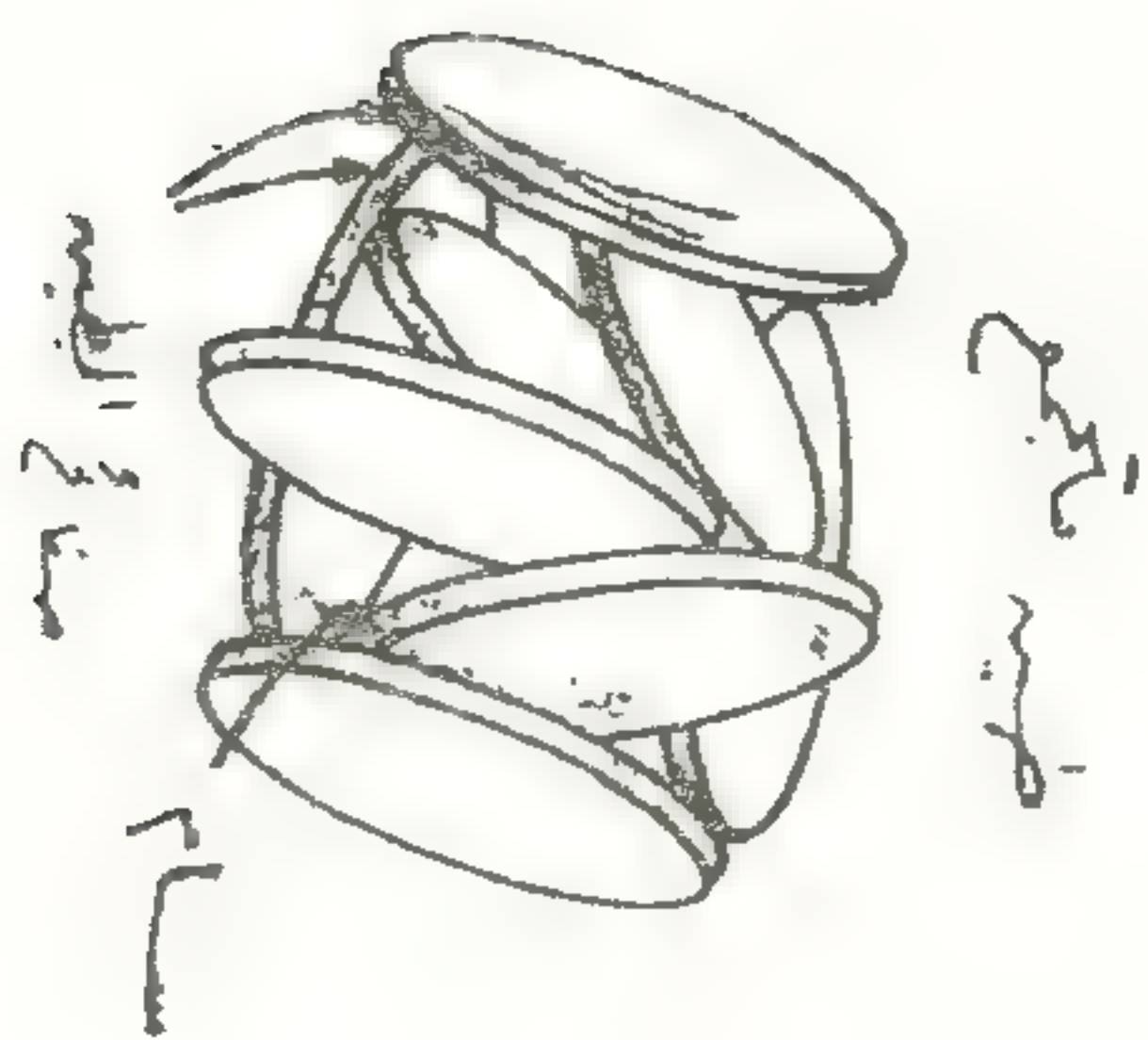
قياس بناء الأرض :

لا توجد طريقة معينة متفق عليها لقياس بناء الارض ، إلا أن هناك نوعان من الطرق :

١ - قياسات تجري بالخبر :

والطريقة الشائعة الاستعمال هي : استخدام النسبة المئوية للحبيبات المركبة ذات حجم معين كدليل على بناء الارض .

اما من حيث مدى ثبات هذا البناء ، فهو ان الماء هو المادة التي تضاف للارض باستمرار ، اما : طبيعياً عن طريق المطر ، أو صناعياً عن طريق الري ، ولذلك استخدمت خاصية مدى ثبات الحبيبات المركبة المكونة للارض ضد قوى الرج في الماء وذلك : برجها لمدد مختلفة ، أو بتعرضها



شكل (١٣) أرض لزجة لليمين ، أرض جيدة التحبيب (إلى اليسار)

لامطار صناعية ، ومعرفة مدى ثباتها واتخاذ ذلك دليلا على مدى ثبات الارض ..

والمعروف حتى الآن ان الحبيبات المركبة الثابتة Stable aggregate تعطي بناءا ثابتا تقريبا

ويستخدم عادة التحليل الميكانيكي والتحليل الحبيبي Aggregate analysis في حساب ما يسمى بنسبة التفكك Dispersion ratio ، وهي عبارة عن النسبة بين النسبة المئوية للحبيبات التي لها قطر متوسط فعال اقل من ٠.٠٠٥ مم الموجودة بالعينة بعد رجها لمدة ٢٠ دقيقة (تحليل حبيبي) والنسبة المئوية لنفس الحبيبات بالتحليل الميكانيكي :

$$\text{نسبة التفكك} = \frac{\text{النسبة المئوية (لاسلت + الطين) الثابت في الماء بعد ٢٠ دقيقة رج}}{\text{النسبة المئوية (لاسلت + الطين) بالتحليل الميكانيكي}} \times 100$$

والجدير بالذكر أنه يستعمل تقسيم معامل الولايات المتحدة في تحديد أقطار السات والطين ، وذلك عند تطبيق هذه المعادلة . فلو فرضنا أن نسبة التفكك قد بلغت في تربة آ = ٤١٦ ، وتربة ب = ٢٨١٤ ، وتربة ج = ١٥١١ ، وتربة د = ١٣١٣ ، وتربة هـ = ٦١ ، فإن معنى ذلك انه كلما ازدادت النسبة ازداد تعرض مقدار من الارض للانحراف والازالة ، ولقد اصطلح على اعتبار الاراضي ذات نسبة تفكك ١٥ فأقل اراضي غير معرضة للانجراف ، بينما الاراضي ذات نسبة تفكك اكثر من ١٥ انها معرضة للانحراف .

وتوجد معادلات أخرى تستعمل احيانا للتعبير عن بناء الارض مثل : تقدير حالة التعجب State of aggregation وهذه تساوي : النسبة المئوية للحبيبات المركبة ذات الاقطار أكبر ٠.٠٠٥ مم المتحصل عليها بدون تفريق الحبيبات (التحليل الحبيبي) مطروحا منها النسبة المئوية للحبيبات ذات الاقطار أكبر من ١٠٥ مم المتحصل عليها بالتحليل الميكانيكي . فلو كانت النسبة بالتحليل الحبيبي ٦٣١٥ ٪ وفي التحليل الميكانيكي ٢٢١٥ ٪ - كانت حالة التعجب لهذه الارض ٦٣١٥ - ٢٢١٥ = ٤١ ٪ . فلو قورنت مع أرض أخرى حالة التعجب لها ٢٢ ٪ ، فأننا نقول أن حالة التعجب في الارض الاولى أكثر منها في الارض الثانية .

وتستعمل احيانا درجة التعجب Degree of aggregation وهي تساوي =

$$\frac{\text{حالة التعجب}}{\% \text{ للحبيبات المركبة ذات الاقطار أكبر من ٠.٠٠٥ مم في التحليل الحبيبي}} \times 100$$

فبالنسبة للسألة السابقة تكون درجة التعجب :

$$\frac{41}{6315} \times 100 = 6.49\%$$

وقد تستعمل سلسلة من المناخل المركبة على هزاز ميكانيكي وتكون مرتبة بأقطار متناقصة من أعلى الى أسفل ، حيث توضع التربة بعد رجها في الماء على سلسلة المناخل وتفصل الى مكوناتها ثم تحسب النسب المئوية لمجاميع الحبيبات ذات الأقطار المختلفة. وتستخدم هذه الطريقة لمعرفة مدى ثبات الحبيبات المتجمعة.

٢ - قياسات تجري في الحقل :

في هذه الحالة يقاس مقدار المقاومة التي تتلقاها الآلات الزراعية أثناء الخدمة وذلك بتوصيل الجرار أو الآلة المستعملة بجهاز لتقدير قوة الشد بالدينة Dynamometer ، أو بتقدير القوة اللازمة لاختراق آلة حادة مسافة ما في سطح الأراضي ، وجميع هذه الطرق نتائجها نسبية .

تدهور وتحسين بناء الأرض :

ينهار بناء الأرض الزراعية باستغلالها مدة طويلة من الزمن دون إضافة أسمدة عضوية مع فقر الأرض بمركبات الكالسيوم ، ومن الممكن تحسين بناء الأرض المتدهور بالتالي :

- ١ - إدخال التسميد العضوي الأراضي المزروعة كل مدة .
- ٢ - إدخال محاصيل بقولية في الدورة الزراعية حيث تقوم بتحسين البناء عن طريق نمو جذورها الغزير وكذلك إفرازات تلك الجذور .
- ٣ - إدخال التسميد الأخضر في الدورة الزراعية حيث تقلب النباتات في الأرض وهي في طور الأزهار .

٤ - إدخال المراعي الحولية (خليط من النجيليات والبقوليات) في الدورة الزراعية حيث أنها تقي سطح الأرض من التعرض لفعل الأمطار ، بالإضافة لما يتخلف عنها من مادة عضوية كثيرة .

٥ - عدم الري بمياه تحوي نسبة عالية من أملاح الصوديوم .

٦ - التخلص من الصوديوم في الأراضي المالحة ، وذلك بغسلها بالماء المذب ثم صرف تلك المياه أو إضافة مصلحات الأراضي القلوية .

٧ - توجد مواد كيميائية صناعية لها خواص بجممة مثل الكربليوم Krelium وهو أحد مخلفات صناعة البترول . وهذه المخلفات لها قدرة لصق كبيرة ، ولذلك تربط الحبيبات الناعمة وتعطي التربة بناء جيداً . ولكن هذه المواد لا تزال عالية الثمن واستعمالها محدود .

٨ - يضاف الجير للأرض في المناطق الحالية منه ، حيث يعمل على تحسين البناء الأرضي ، كما في كثير من البلاد الأوروبية ، وتسمى هذه العملية Liming .

ويمكن المحافظة على البناء الجيد في الأراضي بمراعاة النقاط المذكورة أعلاه . ويضاف الى ذلك عدم المغلاة في اجراء عمليات الخدمة ، كذلك تأديتها في الظروف المناسبة لها ، واختيار الآلات الملائمة للأرض.

فعمليات الفلاحة المختلفة تفيد في تحسين البناء الارضي وذلك بتفتيت الكتل الكبيرة في الاراضي الطينية ، كما انها تساعد على ربط الحبيبات مع بعضها في الاراضي المفككة ، ويتم ذلك عند حراثة الارض عند درجة رطوبة مناسبة ، كذلك فان الحراثة تفيد في التخفيف من أثر الطبقات الصماء ان وجدت ، وبذلك تتيح الفرصة للجذور كي تصل لاعماق أكبر .

والفلاحة العميقة التي تقلب التربة تغير بناء الارض عموماً . إذ تجمل الطبقات العميقة ذات البناء السيء على السطح ، والطبقات السطحية ذات البناء الجيد والفني بالدبال في الاعماق ، ولتلافي هذا الضرر يستعمل نوعان من الآلات ، وذلك عند الاضرار لقيام بالحراثة العميقة :

١ - المحراث القرصي (الديرسك) : حيث يقوم بإثارة الطبقة السطحية فقط .

٢ - محراث تحت التربة Sub-soiler : حيث يقوم بتحريك وتفتيت الطبقات العميقة من التربة دون قلبها .

واستخدام الآلات الثقيلة في الاراضي ضعيفة البناء تؤدي الى تفتيت التجمعات وهدم البناء ، ولذا وجب أن نختار الآلات الملائمة لنوع الارض ، وأن تجري العمليات الزراعية الخفيفة في الاراضي ضعيفة البناء .

ومن حسن الحظ أن أغلب الاراضي المربية السورية تحوي نسبة واضحة من كربونات الكالسيوم ولذلك تحافظ على البناء الجيد بالرغم من قلة المادة العضوية فيها .

وعلى الرغم من الخواص التي تتميز بها الاراضي الرملية كالتفكك وسهولة الحراثة والتهوية الجيدة وكذلك الصرف الجيد ، إلا انها ذات مسام واسعة جداً وضعيفة التماسك الى درجة يكون حفظها للماء ضعيف جداً ، ولذلك تصبح هذه الاراضي مربعة الجفاف ، بالإضافة الى نقص الخصوبة الناتجة عن قلة الطين . وهاتين الخاصتين يضعفان كثيراً من استغلال الاراضي الرملية . ولا يمكن معالجة ذلك إلا بتحسين البناء الارضي عن طريق تكوين محبيات في التربة . والطريقة الوحيدة لذلك هي اضافة المادة العضوية من مصادرها المختلفة : سواء أكان السماد البلدي أو السماد العضوي الصناعي أو التسميد الأخضر أو عن أي طريق آخر . ولا ينحصر فعل المادة العضوية كمادة لاحمة للحبيبات فقط بل تزداد سعة حفظ الارض للماء أيضاً .

ومشكلة الاراضي الطينية انقلية أكثر تعقيداً من الاراضي الرملية . فبالرغم من قدرتها العالية على الاحتفاظ بالماء ، إلا أنها إذا حرثت والرطوبة فيها أعلى من حد معين ، فان الحبيبات تنزلق على بعضها نظراً لازوجة الارض وتشكون كتل كبيرة صلبة متماسكة ، وبذلك تنهار المحبيات وينشأ عن ذلك بناء غير مرغوب فيه . وكذلك إذا حرثت الاراضي الطينية وهي جافة تكونت كتل كبيرة صلبة لاتصلح أن تكون مهداً ملائماً للبذور . والحقيقة فان اجراء العمليات الزراعية الملائمة في التربة يعمل كثيراً على حفظ البناء

الجيد ، ولكن من المستحسن تشجيع التحبيب بدرجة كبيرة ، وتلعب المادة العضوية الدور الرئيسي في ذلك . وأفضل طريقة لزيادة كمية المادة العضوية في التربة هي إضافة محاصيل عشبية بقولية ذات جذور متعمقة في الدورة الزراعية. إذ أن المحاصيل الاقتصادية التي تحتاج لكثير من عمليات الخدمة المجهدة كالقطن والذرة ، فإن الاستمرار في زراعتها في الأراضي الطينية يعرض شاة هذه الأراضي المحبب الى الانهيار ، ولذا يجب تلافي ذلك عند تخطيط الدورات الزراعية للأراضي بحيث تحافظ الدورة على البناء الأرضي في حالة جيدة .

الفصل السابع

اللون في الأراضي - ليوثة التربة - تماسك الأرض

لون الأرض Soil colour

يعتبر لون الأرض والتربة من أهم مميزاتها المورفولوجية ، التي يستدل بها على نوع الأرض . والعوامل التي تحدد لون التربة هي :

١ - الدبال Humus : وهو يكسب التربة اللون الغامق . فإذا كان مقداره كبيراً كان لون التربة أسود ، وإذا كان قليلاً أكسبها اللون الرمادي القاتم .

٢ - مركبات الحديد : وهذه إذا وجدت بنسبة كبيرة أكسبت التربة لوناً أحمر . وإذا كانت قليلة أكسبتها اللون الأصفر أو البرتقالي . ويوجد الحديد في صورة أكاسيد ، ويتوقف لون الأكاسيد : على مقدار الماء المتحد فيه Combined water وأهم أكاسيده :

أ - ليمونيت $2Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$ وهو أصفر أو بني .

ب - هيماتيت Fe_2O_3 وهو أحمر .

٣ - النسبة العالية من حمض السليسيك أو كربونات الكالسيوم أو طين الكاوولين تكسب الأرض اللون الأبيض أو الألوان الفاتحة .

٤ - إذا وجدت أكاسيد المنغنيز في التربة بكميات كافية ، أكسبت الأرض لوناً أسود أو بني قاتم .

٥ - في الأراضي الرديئة الصرف أو في الظروف الرديئة التهوية ، تتحول أكاسيد الحديد إلى حديد وز ، وهذا يعطي لوناً أزرق أو رمادي مزرق على شكل بقع .

٦ - كمية الرطوبة في التربة : إذ يكون اللون غنياً واضحاً في الأرض المبتلة ، بينما يصير باهتاً

عند الجفاف . ويرجع تغير اللون عند الجفاف ، لدخول الهواء اما في المسافات الدقيقة على سطوح الحبيبات المجمع ، أو في الغلاف الغروي للحبيبات الكبيرة ، ولذلك لا يتغير لون التربة حتى يبدأ الهواء في الدخول في مسافات البينية ؛ أي وصول الرطوبة في التربة الى النقطة التي يتحول فيها الانكماش العادي الى الانكماش المحلي . ويستمر اللون في النقص حتى يثبت ثانية عند وصول الرطوبة في التربة الى نطاق الماء الايكروسكوبي ، ويدل كبر الفرق بين لون التربة المبتلة ولونها وهي جافة على وجود نسبة عالية من المواد الغروية .

وقد ذكر Hilgard خمسة ألوان أساسية للأراضي هي :

١ - الأراضي القاتمة Dark-coloured soil : سبب اللون القاتم بها تراكم المواد العضوية والدبال ، غير أنه لا يمكن الحكم على المادة العضوية من لون الأرض وحدها نظراً لاختلاف المادة العضوية نفسها في اللون وفي درجات تحللها . ففي الأراضي جيدة الصرف ، المحتوية على نسبة عالية من المادة العضوية ، يكون لونها أغم تحت درجات الحرارة المرتفعة في الأراضي المتكونة تحت مناخ بارد . وفي المناطق الاستوائية توجد أراضي لا تحتوي على نسبة مرتفعة من المادة العضوية ، ومع ذلك تكون قاتمة اللون ، وهذا يرجع عادة الى مركبات المنجنيز والحديد التي قد توجد في هذه الأراضي تحت هذه الظروف . وفي الأراضي القلوية ، تكون المادة العضوية مفرقة ، وتنتشر في القطاع وتغطي الحبيبات بلون قاتم على الرغم من أن المحتوى العضوي لمثل هذه الأراضي قد يكون منخفض نسبياً .

٢ - الأراضي الحمراء Red soils : ويرجع اللون الأحمر عادة الى وجود أكسيد الحديد غير المتأدنة ، ولو أن أكسيد المنجنيز وبعض أكسيد الحديد المتأدنة قد تؤدي الى هذا اللون . واللون الأحمر عادة يشير الى الصرف الجيد والتهوية المناسبة وكثير من الأراضي الحمراء يعزى لونها الى مادة الأصل وليس الى عمليات تكوين الأراضي . وعادة نجد أن اللون الأحمر يزداد في الأرض تدريجياً تحت نفس الظروف من المناخ البارد الى المناخ الحار الرطب قرب خط الاستواء .

٣ - الأراضي الصفراء Yellow soils : يدل على وجود أكسيد الحديد المتأدنة - كما يدل على سيادة المناخ الرطب - وعادة الأراضي الصفراء تزداد فيها نسبة الرطوبة عن الحمراء ، وإذا وجدت الأراضي الحمراء والصفراء جنباً الى جنب وكانت من أصل واحد ، نجد أن الأراضي الحمراء عادة توجد في المرتفعات ، أما الأراضي الصفراء فتوجد في المناطق المنخفضة .

٤ - الأراضي الرمادية Grey soils : وتعزى الى وجود بعض المواد كالكوارتز وكربونات الكالسيوم والمغنيسيوم . ويحدث في الأراضي المشبعة بالماء أن اختزال مركبات الحديد يعطي الأرض اللون الرمادي وقد يصبح أسود أو أصفر .

٥ - الأراضي البيضاء White soils : هذا اللون خادع في التربة ففي المناخ الرطب يدل على أن

الأرض رملية أو طينية أما في المناخ الجاف فيدل على وجود الأملاح . وهذا اللون يدل على أن الأرض تحتوي على نسبة عالية من الكوارتز والجير ، وقد يدل على إزالة مركبات الحديدوز . وقد يكون اللون الأبيض موروثاً من مادة الأصل ، كما هو الحال في الأراضي المتكونة من حجر جيري تحت مناخ جاف . هذا إلى جانب ما تحتويه هذه الأراضي من نسبة منخفضة من المادة العضوية .

ويتم تحديد لون التربة بالضبط من الأمور الصعبة لتقارب الألوان وتعددتها ، ولاختلاف قدرة الأشخاص على تمييز اللون . ولذلك يستعان بالألوان نموذجية لمقارنتها بلون الأرض . وأشهر الطرق الآن هي طريقة Munsell : حيث وضع أطلساً به ١٧٥ لوناً وفي هذه الطريقة يعبر كميّاً عن اللون بثلاثة مكونات :

١ - Hue : ويدل على موقع اللون في الطيف ابتداء من الفاتح إلى الغامق ، وهو عبارة عن طول الموجة الضوئية ، أي لون الضوء .

٢ - Chroma : ويشير إلى شدة كثافة اللون ، أو بتعبير آخر الصفاء النسبي لطول موجة الضوء السائدة ، وتزداد بنقص كمية اللون الأبيض .

٣ - Value وتسمى أيضاً اللامعان Breliance : وهذا يدل على تدرج اللون من نفس Hue ونفس Chroma . وعادة يستخدم الضوء غير المباشر عند تحديد لون الأراضي . فإذا أعطى قياس اللون لأرض معينة اللون التالي (10YR 5/3 Brown) ، فإن 10YR هي رمز للـ Hue وهو رقم الصفحة بأطلس مونسل ، و 5 هي Value و 3 هي Chroma أما Brown فهو اسم اللون الناتج .

ليونة التربة

SOIL PLASTICITY

تعرف الليونة Plasticity بأنها قدرة المادة على تغيير شكلها باستمرار تحت تأثير قوة مؤثرة ، وأن لا تستعيد شكلها الأول عند رفع تأثير هذه القوة .

وتتخذ الأرض هذه الخاصية عندما يكون بها نسبة معينة من الرطوبة . وقد وجد Atterberg أن نسبة الرطوبة هذه حدان تظهر بينهما خاصية الليونة : الحد الأعلى Upper plastic limit ، والحد الأدنى Lower plastic limit . ويتميز الحد الأعلى لليونة الأرض بأنه النقطة التي يبدأ عندها مخلوط التربة والماء في السيولة ، أي عندما تفشل التربة في حفظ شكلها تحت تأثير قوة مؤثرة . ويتميز الحد الأدنى بأنه الحد الذي تبدأ عنده التربة في التفتت إذا تحركت قطعة اسطوانية منها تحت اليد أو تحت مسطرة عريضة ، أي النقطة التي تنجز فيها التربة عن تتبع تغير شكلها باستمرار تحت تأثير قوة مؤثرة .

والفرق بين الرطوبة عند الحدين الأعلى والأدنى لليونة - محسوبين بالنسبة للتربة الجافة - يسمى برقم الليونة Plasticity number .

وتتوقف خاصة الليونة وكبر رقمها على نسبة الفرويات الممدنية بها ، وتبدو الليونة أوضح ما تكون في الاراضي ذات الطين المحتوي على نسبة مرتفعة من السليكا عنها في الاراضي ذات الطين المحتوي على نسبة ملحوظة من الاكاسيد السداسية Sesqui-oxides . وبلغ رقم الليونة حوالي ٢٧ في الاراضي الطينية ، ويقل الى ٤ في الاراضي الضعيفة الليونة ، وينعدم في الاراضي الرملية أو الخالية من الفرويات الارضية .

قوة تماسك التربة

COHESION

قوة التماسك خاصة طبيعية توجد في كل المواد الصلبة ، وهي تنشأ عن جذب جزيئات المادة بعضها لبعض ، وهي تختلف باختلاف المعادن ومكونات المادة .

وقوة التماسك ذات أهمية خاصة في وجهات زراعية واقتصادية ، فهي توجد البيئة الصالحة للجذور كما يثبت في الأرض فيقوى على مقاومة الرياح ، وهي أيضاً ذات أثر على المجموع الجذري للنبات ، فإذا كان التماسك شديداً بذل المجموع الجذري جهداً في دفع فروعه في الأرض والعكس . كما أن لقوة التماسك أثر كبير في تكاليف عمليات الخدمة الزراعية ، فإذا كانت وحدة الشغل في زمن معين ثابتة فإن مقدار ما يؤدي في حرث الأرض من المساحة يتوقف حتماً على مقاومة الأرض لعملية الحرث .

وترتبط خاصة التماسك بخاصة الليونة في التربة ، إذ أن الأراضي ذات ارقام الليونة الكبيرة تكون ذات قوة تماسك شديدة ، وقوة التماسك في الوقت ذاته تتأثر أثراً مباشراً بكمية الرطوبة في الأرض . ففي الاراضي الطينية السلتية يزيد خاصة التماسك بنقص الرطوبة ، بينما في الرملية تزداد قوة التماسك بنقص الرطوبة الى حد محدود ثم تنهار بعده قوة التماسك فجأة .

وتتوقف قوة التماسك على العوامل التالية :

١ - كلما صغرت أقطار الحبيبات زاد عددها وزادت بذلك نقط التلامس بينها . ولما كان اتصال الحبيبات بعضها ببعض يحصل في تلك النقط ، على ذلك تزداد قوة التماسك ، ويزداد التجاذب ويمكن أن يقال ان قوة التماسك في التربة تتناسب عكسياً مع انصاف اقطار الحبيبات .

٢ - للمواد الاسمنتية اللاحمة في التربة مثل الفرويات الممدنية والمادة العضوية والجير والجبس واكاسيد الحديد والالومينا والسليكا ، أثر واضح على تماسك التربة .

وَيختلف هذا الأثر باختلاف قوام الأرض ونوع المواد اللاصقة ، فالمادة العضوية وأملاح الكالسيوم ذات أثر معدل لقوة التماسك في التربة بمعنى أنها تزيد قوة تماسك الأراضي ذات القوام الخشن ، أما في الأراضي دقيقة الحبيبات ، فأثر هذه المواد أنه : يضعف قوة تماسكها الشديدة بتكوينه بحبات كبيرة .

٣ - تعمل الأغشية المائية حول الحبيبات على جذب تلك الحبيبات بعضها إلى بعض بما تولده الحصور من ضغط إلى الداخل . وتتوقف قوة شد الحصور على سمك غشاء الماء الموجود حول الحبيبات فهي تتغير عكسياً مع السمك فإذا زاد ضعفت والعكس .

وبلاحظ في الأراضي الطينية الثقيلة أنها تكون دبة Sticky عندما تكون رطبة أي بعد الري أو هطول المطر ، ولا يمكن حراستها عند ذلك ، وبعد مدة تنخفض الرطوبة فيها بالجفاف تدريجياً حيث تدخل في طور الليونة ، ويمكن حراستها عند هذه الدرجة ولكنها تيل لتكوين كتل كبيرة تتصلب عند الجفاف ، وتصبح الأرض مستحثة عند رطوبة أقل من الحد الأدنى لليونة وتكون التربة عندها هشة . وتختلف درجة الرطوبة التي تكون التربة عندها مستحثة اختلافاً واسعاً ، ففي الأراضي الطينية والصلبية الطينية تكون الأرض مستحثة عند رطوبة أقل مما هي في الأراضي الطينية الثقيلة .

وتقاس قوة التماسك بعدة طرق نذكر منها الأسس الثلاثة التالية :

- أ - أن تقاس القوة اللازمة لكسر قالب من التربة الجافة مقطعة ١×١ سم .
- ب - أن تقاس المقاومة التي تحصل عند شق الأرض بسلاح المراث أو ما يماثلها .
- ج - أن تعرف القوة اللازمة لدفع ابرة أو عمود من الصلب ذي مقطع خاص في داخل التربة .

الفصل الثامن

الماء الارضي

SOIL WATER

الماء هو العامل الاساسي لوجود الحياة في التربة ، وهو المحدد لنمو النباتات إذ انه المسؤول عن مدى نشاط العمليات الكيماوية والطبيعية والحوية في التربة ، ريادة على أنه يعمل كمحلول مذيب Solvent تنتقل خلاله المواد الغذائية التي يتطلبها كل من النبات والكائنات الحية على السواء لحفظ الحياة أو لاطراد النمو . هذا بجانب انه يدخل في تركيب النباتات حيث انه من المواد الواجب وجودها داخل الانسجة الحية . ويعتبر الماء في التربة العامل المهم الذي لا يعادله عامل آخر من العوامل الطبيعية في مدى خصب الارض . إذ الفرض من تعديل الخواص الطبيعية وجود وسط من رطوبة مناسبة لحياة النباتات إذ المعروف أن :

١ - عملية انبات البذور تحتاج الى نسبة خاصة من الرطوبة .

٢ - يعتبر الماء المذيب للمواد الغذائية التي يتطلبها النبات والتي تنتقل اليه من خلال المحلول الارضي .

٣ - تتطلب عمليات النبات الحوية وجود الرطوبة مثل عملية التمثيل الضوئي وغيرها .

٤ - يعتبر الماء الوسط الذي تنتقل فيه المواد الاساسية في انبات من جزء لآخر خلال الحزم الوعائية .

٥ - يتطلب تكوين المادة الجافة في النبات كميات من الرطوبة إذ يلزم لكل وزن جاف من النبات التام النضج ما يعادل ٢٠٠ الى ١٠٠٠ وزن من الماء .

٦ - يفيد الماء النباتات ذات السوق المتكونة من انسجة رخوة فيؤدي وجوده الى بقائها قائمة .

ويستحسن قبل دراسة الماء الارضي الاطلاع البسيط عن الدورة المائية ومصادره .

يقصد بالدورة المائية نظام تحول الماء من صورة الى اخرى في الطبيعة وتشمل الاصطلاحات والصور الآتية :

- ١ - الرطوبة الجوية : وتشمل أبخرة المياه الموجودة في الجو . مثل : السحب والضباب .
 - ٢ - الأمطار : عند انخفاض درجة حرارة الجو تتكاثف الرطوبة الجوية وينشأ عنها أمطار وبرد وتلج وندى .
 - ٣ - أمطار لا تصل للتربة : قد يحدث للأمطار أن تتبخر في طريقها للأرض ، أو يقابلها نباتات تحجز بعضاً من الماء .
 - ٤ - أمطار واصله للتربة : الأمطار التي تصل للتربة اما : أن ترشح فيها ، أو يزاح بعضها من السطح ، والبعض الآخر يتبخر مباشرة .
 - ٥ - الماء الراشح : يرطب الماء سطح التربة أولاً ، ثم يحاول أن يدخل باطن التربة . وتتوقف كمية الماء الراشحة على كمية الأمطار أو مقدار ماء الري ، وطبيعة التربة من حيث تكوينها وبنائها وصلابتها ودرجة الحرارة .. الخ .
 - ويحجز بعض من هذا الماء في التربة ، كما يستعمل بعض منه بالنبات ، والبعض الآخر يرشح الى الأعماق .
 - ب - الماء الجاري : واذا ما زادت سرعة سقوط الأمطار عن سرعة الرشح ، تسبب عن ذلك جريان الماء على سطح الأرض . وهذا الأخير يتحرك على سطح الأرض الى قناة أو ترعة .
 - ٥ - البخر : ويشمل :
 - أ - بخر من سطوح المياه : من المعتد أن جميع الأمطار التي تسقط على سطوح البحار والبحيرات تعود بالتالي للجو بواسطة البخر .
 - ب - بخر من سطح الأرض والنباتات
 - ٦ - النتح : وهذا يتوقف على المناخ ونوع النبات النامي .
- مصادر المياه الأرضية في القطر العربي السوري :

- ١ - الأمطار : تعتبر الأمطار في سورية ركنيتها السنوية العامل الرئيسي كأهم مصدر من مصادر مياه الري . وتختلف كمية المطر السنوية اختلافاً شامساً بين الأراضي ، فبينما تسقط في الجبال الساحلية أكثر من ١٠٠٠ مم سنوياً ، تهبط هذه القيمة في البادية لأقل من ١٥٠ مم . وتبعاً لاختلاف كمية

المطر تختلف النباتات النامية من الغابات في الأماكن العالية الأمطار إلى مناطق زراعة القطن البعدي والقمح في المناطق المتوسطة الأمطار إلى مناطق زراعة الشعير والمراعي .

٢ - مياه الأنهار :

ينتشر العديد من الأنهار في أماكن مختلفة من سورية . وأغلبها أنهار محلية سوى الفرات ودجلة . وتعتبر مياه الأنهار حالياً المصدر الثاني للماء الأرضي في سورية . ويعتبر في المناطق الجافة ونصف الجافة المصدر الأول للماء الري .

٣ - مياه الآبار :

ويوجد منها النوعان : الارتوازية Artesien والمادية . وتنتشر مياه الآبار في مناطق كثيرة من سوريا يستعمل بعضها في ماء الري . وتتأثر الآبار العادية عادة بمنسوب الماء الأرضي مما لوحظ جفاف الآبار المادية في السنين الجافة المتتالية .

أثر الأمطار Precipitation Effectiveness

لا تتخذ كمية الأمطار الهائلة دليلاً على الرطوبة ، إذ يتدخل عامل آخر وهو درجة الحرارة التي تسبب زيادة التبخر والنتح . ففي الأماكن التي يكون النتح - التبخر فيها عالياً ، تكون كمية أمطار معينة أقل تأثيراً في تكوين التربة والرشح وامتداد النباتات بالماء اللازم لنموها ، عنها في الأماكن التي يكون فيها النتح - التبخر منخفضاً . أو بعبارة أخرى ، فإن كمية بسيطة من الأمطار مصحوبة بنقص بسيط في التبخر والنتح يكون لها تأثير كبير عن كمية أمطار كبيرة مصحوبة بنسبة عالية من التبخر والنتح . ولذلك عملت محاولات متعددة للتعبير عن التأثير الفعّال للأمطار في جهة ما نذكر منها التالي :

١ - معامل مطر لانج Lang-Rain Factor :

وفيه تؤخذ النسبة بقسمة متوسط كمية الأمطار السنوية بالمليمتر على متوسط درجة الحرارة السنوي بالدرجة المئوية :

ولقد وجد بالنسبة للمناخ السوري من حيث تأثير الأمطار على تكوين التربة أن تقسم كمية الأمطار السنوية بالمليمتر على متوسط درجة الحرارة للشهر الممطرة فقط . وذلك لأن التجوية الكيميائية تحدث في المواسم الممطرة فقط . وتبعاً لمعامل لانج فقد قسم المناخ إلى أربعة مجموعات رئيسية هي :

مناخ رطب	قيمة معامل لانج له أكبر من ٥٠
مناخ نصف رطب	بين ٣٠ - ٥٠
مناخ نصف جاف	بين ٢٠ - ٣٠
مناخ جاف	أقل من ٢٠

جدول (٦) متوسط درجات الحرارة (الأشهر الممطرة) والأمطار السنوية ومعدل الانحلال لبعض المناطق المريية السورية

الارتفاع عن سطح البحر	الأمطار	درجة الحرارة	معدل الانحلال	الموقع
م	م	م		
٧٥٠	١١٣١٥	١٢٦٤	٩١٦٢	القنيطرة
٣٣٥	١٠٦٥١	١٧٠٠	٦٢٦٦	الطفنة
٩٤٨	٧٩٧٧	١١٦٧	٦٨٦٢	القنيطرة
١٥	٧٦٢٧	١٦٦٩	٤٥٩١	طرطوس
٤٦٧	٤٨٣٣	١٢٦٧	٣٨٦٠	فساطي
٣٠٠	٢٧٦٥	١٢٦٧	٢١٦٧	حسكة
٥٠٠	٢٩٨٣	١٤٦٣	٢٠٦٨	درعا
٦٧٣ (نهر)	١٥٧٦	١٣٦٢	١١٦٩	فرقلس
٧٥٠	٩٩٦٩	١١٦٩	٨٦٤	قرية

والجدول رقم (٦) يبين معامل لانج لبعض المناطق العربية السورية ، وواضح منه أن الاقليم المناخية الاربعة توجد في القطر العربي السوري .

٢ - معادلة ماير Meyer's Quotient

وتحسب بقسمة متوسط الامطار السنوية بالمليتر على المتوسط السنوي لدرجة نقص تشبع الهواء بالبخر المطلق ويقدر بالملييتر زئبق وهو يساوي :

$$\text{متوسط الامطار السنوي بالمليتر} \times \frac{(100 - \text{الرطوبة النسبية})}{100} = \text{N.S quotient}$$

الضغط البخاري عند متوسط درجة الحرارة

مثال : اذا كانت كمية المطر الهاطلة سنوياً ١٥٠٠ مم وكانت متوسط الرطوبة النسبية للهجو ٧٥ ٪ . وكان الضغط البخاري عند درجة الحرارة المتوسطة ٣١٦٨٥ مم / زئبق (ويعرف ذلك من جداول خاصة) .

∴ حسب معادلة ماير يكون :

$$1500 = \frac{10000}{(31685)(75 - 100)} = \text{N . S. quotient}$$

٣ - Thorn - Wait Index $\frac{R}{E}$ ويحسب بقسمة متوسط الامطار السنوية على مجموع التبخر السنوي . فاذا كان مجموع التبخر السنوي مساو إلى مجموع الامطار السنوية كان المتبقي في التربة صفراً . ونوجد معادلات اخرى كلها تهدف إلى اعتبار أن كمية الامطار الساقطة لا تشير حقيقة إلى أثرها في التربة والنبات نظراً لتدخل عامل آخر هو درجة الحرارة .

صور الماء الارضي

يوجد الماء الارضي في المسافات البينية ، ويتوقف مقداره اساساً على اتساع المسافات البينية للتربة ، ثم تؤثر فيه بعد ذلك عوامل الفقد منه أو الاضافة اليه سواء كانت هذه العوامل طبيعية او صناعية .

ويفتات مقدار الماء الارضى فى كثرتة وقلته حسب الظروف المحيطة فى الارض . فهو يكون كبير المقدار عقب الري أو سقوط المطر ، قليله فى الجفاف وذلك فى الطبقات السطحية للتربة . أما فى الطبقات العميقة ، فيتوقف قدره على بعد وقرب مستوى الماء الارضى ، زيادة على تأثره بماء الري . ويباغ الماء الارضى نهايته العظمى عند مستوى الماء الارضى ، ويقل تدريجياً كلما بعدت الطبقة عنها ، مالم يتغير هذا التوزيع بالري أو سقوط المطر .

وان معرفة صور الماء الارضى يتطلب الاستعانة ببعض القياسات الخاصة ، منها :

الطاقة الحرارية اللازمة لانتزاع الماء من الارض ، وايضاً مردود أشعة (س) خلال العادن النقية وعرويات الارض . فلو أخذنا تربة مشبعة بالماء ، نجد أن الماء يملأ كل الفراغات البينية ، وان انتزاع الماء من هذه الفراغات يحتاج الى كميات مختلفة من الطاقة لتخلص منه نهائياً . فالماء الموجود فى المسام الواسعة Macro capillary pores يزال منها بسهولة ، بينما الماء الموجود فى المسام الضيقة والفراغات الشعرية الدقيقة Micro capillary pores فمن الصعب إزالته .

وبعد التخلص من الماء الموجود على الصورتين السابقتين يأتي الماء الممتص Adsorbed water بقوة على السطوح الداخلية والخارجية لمعدن الطين . وأخيراً يوجد الماء المتحد الذي يدخل فى التركيب الكيماوي لبعض بلورات معادن الطين Crystal - lattice water ، والذي يفقده بتغير طبيعة معدن الطين كلية .

ويلاحظ ان الماء الموجود فى المسام الشعرية الواسعة ، والمسام الضيقة ، والممتص على السطح ، كلها تترك التربة عند تسخينها على درجة حرارة ١٠٠°م بينما الماء المتحد يحتاج الى درجة حرارة أعلى بكثير قد تصل إلى ٧٠٠°م ، أي يحتاج لطاقة أعلى .

واقعد وضع بريجز Briggs عام ١٨٩٧ ثلاث صور للماء الارضى وهي :

أ - الماء الایجروسكوبي Hygroscopic water : وهو الماء الذي يرسب على سطوح الجسيمات فى صورة أغشية رقيقة جداً ، ويكون ملتصقاً بها بقوة شديدة جداً .

ب - الماء الشمرى أو الفشائي Capillary or film water : وهو الماء الذي يزيد عن الماء الایجروسكوبي ويكون فى صورة أغشية أكبر سمكاً . وهو ممسوك بقوة حول الجسيمات تسمح له بالتحرك من مكان الى آخر .

ج - الماء الحر أو ماء الجذب الارضى Free or gravitational water : وهو الماء الشمرى

الزائد عما يمكن للحبيبات أن تمسكه حولها ، والذي يتحرك الى أسفل تبعاً للجاذبية الأرضية .

ورغم تقدم البحث في النظريات العلمية ظل هذا التقسيم متبعاً به الى الآن . ويلاحظ ان التقسيم السابق مبني على مشاهدات ظاهرية للقوة المسوكة بها الماء حول الحبيبات دون فحص مقادير هذه القوة أو تحديد قيمتها ونوعها ، وفي الحقيقة فان النظريات الحديثة لم تزد سوى تحديد مقادير هذه القوى ونوعها

أولاً - الماء الايجروسكوبي :

إذا تركت تربة ما لتجف في الهواء الجوي ، تبقى بها مقدار من الرطوبة تبعاً للخاصة الهيجروسكوبية في صورة أغشية رقيقة جداً . وإذا جففت الأرض على حرارة $100^{\circ} - 105^{\circ} \text{م}$ للتخلص من جميع الرطوبة ، ثم عرضت ثانية للجو امتصت هذا الماء مرة أخرى . ويعرف المصطلح الايجروسكوبي بأنه الكمية من الرطوبة التي يمكن ان تترسب على سطح تربة جافة اذا عرضت لجو مشبع ببخار الماء 100% حتى تصل الى حالة توازن مع الجو المرصدة له في درجة حرارة ثابتة . ولا يمتدى سمك هذا الغشاء $15 - 20$ جزئ ماء وهذا لا يزيد عن $4 - 5$ ميكرون .

ويمسك الماء الايجروسكوبي بحبيبات التربة بقوة كبيرة جداً ، قدرت بنحو 10000 ضغط جوي على السنتيمتر المربع عند سطح الحبيبة . هذه القوة الناشئة من الجذب المتبادل بين جزيئات التربة وجزيئات الماء تمنع هذا الماء من الحركة تماماً ، ولذلك فهو عديم الفائدة للنبات ، او حيوية الأرض ، إذ لا تستطيع الجذور امتصاصه .

وتختلف نسبة الماء الايجروسكوبي في تربة ما تبعاً لحالة تشبع الجو ببخار الماء فاذا كان الجو مشبعاً ببخار الماء ، وصل الماء الايجروسكوبي الراسب على التربة الى نهايته العظمى . ويلاحظ ان الماء الايجروسكوبي يعطي فكرة جيدة عن الخواص الطبيعية للتربة اذ تزداد نسبته بازدياد السطح أي كلما زادت الغرويات المعدنية والعضوية . وتتراوح نسبته في الأرض الرملية الصفراء بين $1 - 2\%$ بالوزن . بينما تبلغ في الأراضي الطينية الثقيلة الغنية بالمادة العضوية $(4 - 5\%)$ وقد تصل الى 12% .

ولقد وجد المؤلف في الأراضي السورية (الفقيرة في المواد العضوية) أن هناك علاقة واضحة بين نسبة الطين في الأرض والمعامل الايجروسكوبي لها ، وذلك في كل من نوعي الأراضي : المحتوية على الجير وتلك الخالية منها وكذلك هناك علاقة اقل وضوحاً بين كل من نسبة الاكاسيد السداسية والفقد بالاحتراق وبين نسبة الماء الايجروسكوبي . كما هو موضح في جدول (٧) ، وفي بعض أراضي البادية السورية ، يعطي تسخين التربة على 105°م فقداً مقداره قد يصل الى 15% بالرغم من احتواء التربة على نسبة من الطين بسيطة ، ولقد وجد أن هذا الفقد لا يعتبر عائد الى الخاصية الايجروسكوبية بل فان التربة تحتوي على الجبس $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ والذي يفقد 115 جزئ ماء عند تسخينه على 105°م ولذا تجري

جدول (٧)

الماء الابجروسكوبي ، نسبة الطين ، الاكسيد السداسية ، الفقد بالاحتراق لمينات اراضي من القطر العربي السوري

الماء الابجروسكوبي. %	نسبة الطين. %	أكسيد سداسية. %	الفقد بالاحتراق. %	الموقع	
١٢١٤٠	٤٥١٤٥	٣٨١٤١	٢٠١٠٠	طريق طرطوس - تل كلخ	أراضي خالية من الجير
١٠١٧٨	٤٠١٤٢	٥٠١٢٩	٢١١٠٧	أعالي الجبال الساحلية	
٨١١٣	٣٤١٩٤	٤٢١٣١	١٧١٠٤	القيطرة	
٨١٥٢	٥٦١٤٥	٢٥١٣٦	١٤١٣٩	طفس (حوران)	أراضي جيرية
٥١٩٦	٥٢١٢٦	٢١١٤١	١٠١٩٢	قبور البيض	
٤١٦٣	٤٣١٠٣	٢٤١٣٤	١٠١٥١	طريق القدموس - مصيف	
٣١٩٦	٣٧١٠٠	١٤١٢٨	٧١٧٢	اللاذقية - الحفة	
٣١٣٢	٣٤١٩٥	١٠١٨٥	٨١٠٣	القرين	

عملية تصحيح الماء الایجروسکوبي بطرح الجزء الخاص بالرطوبة المائد الى الجبس من المقد بالتسخين ، وهذا الجزء يتعلق بنسبة الجبس في التربة .

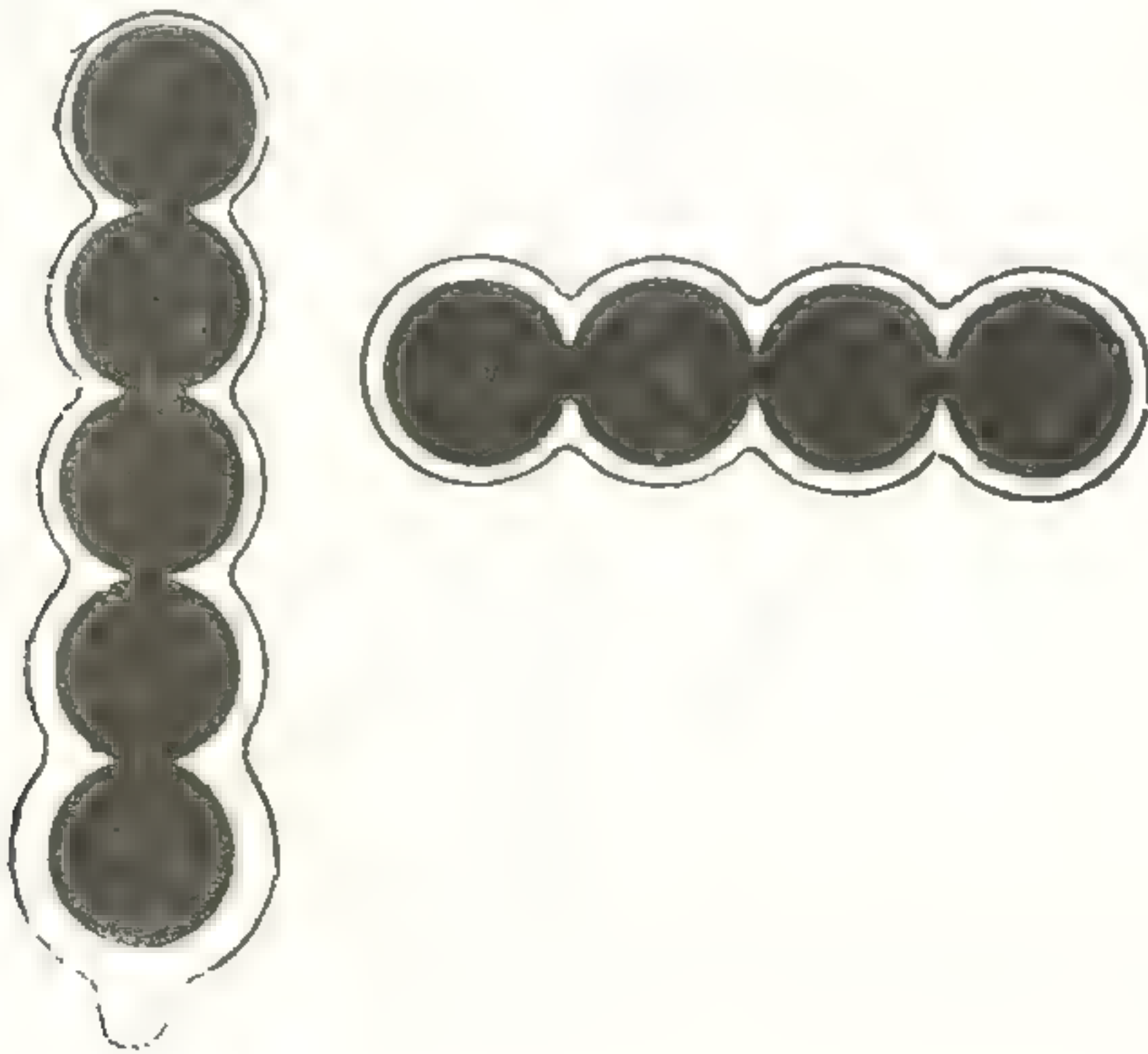
ثانياً - الماء الشعري أو الماء الفشائي :

الماء الشعري هو الماء الذي تحتفظ به التربة حول حبيباتها بعد تمام الرشع او هو الماء الذي يصعد فيها بخاصة الجذب السطحي .

وهذا الماء أكبر سمكاً من الماء الایجروسکوبي ويوجد فوقه . ويمكنه التحرك في التربة تحت تأثير بعض القوى زاحفاً حول الحبيبات وفي المسام من مكان لآخر أجف منه . وقد سمي بالماء الشعري نظراً لتشابه حركته وصعوده في التربة بحركة وصعود الماء في الانابيب الشعرية . وهذا الماء هو الذي تستمد منه الجذور حاجتها ، كما انه يساعد في العمليات الحيوية والكماوية في التربة .

توزيع الماء الشعري :

بعد ان يتم للاراضي احتجاز الماء الشعري وتوزيعه حول الحبيبات وفي المسام يقف هذا الماء عن التحرك . ويمكن تمثيل نظام توزيعه في اتجاه افقي حول الحبيبات كما في الرسم شكل (١٤) ، وفيه نرى ان الماء يتصل ببعضه في صورة اغشية محدبة حول الحبيبات وخصور Waist مقمرة بينها .



شكل (١٤) التوزيع الاقوي والرأسي للأغشية المائية

وسبب تقعر الحصور حول نقط التماس هو جذب جزيئات الارض لجزيئات الماء الى الداخل حول هذه النقط .

ويمكن تمثيل توزيع الماء في الاتجاه الرأسي كما في الرسم إذ يلاحظ ان أغلفة الماء تزداد في السمك بالتدريج كلما انخفض موقعها عن سطح الارض تحت تأثير الجاذبية الارضية .

تقدير الماء الشعري :

يقدر الماء الشعري في الارض بتقدير الرطوبة الكلية فيها ثم بتقدير الماء الايمروسكوبي الذي تتمصه في الحو المادي ، وبطرح نسبة الماء الايمروسكوبي من نسبة الرطوبة الكلية نحصل على نسبة الماء الشعري .

العلاقة بين خاصية الجذب السطحي والخاصة الشعرية في الاراضي المتلة :

يتأثر الماء في التربة بعاملين رئيسيين يتحكمان في مسك الماء داخل التربة في المسام وهذه العوامل هما :

أولاً : جذب أسطح الحبيبات لجزيئات الماء المكونة لأغشاء المائي الرقيق الذي يمسك بقوة عند منطقة اتصال الحالة السائلة (الماء) بالجسم الصلب (الحبيبات) ويسمى Solid-liquid interfaces .

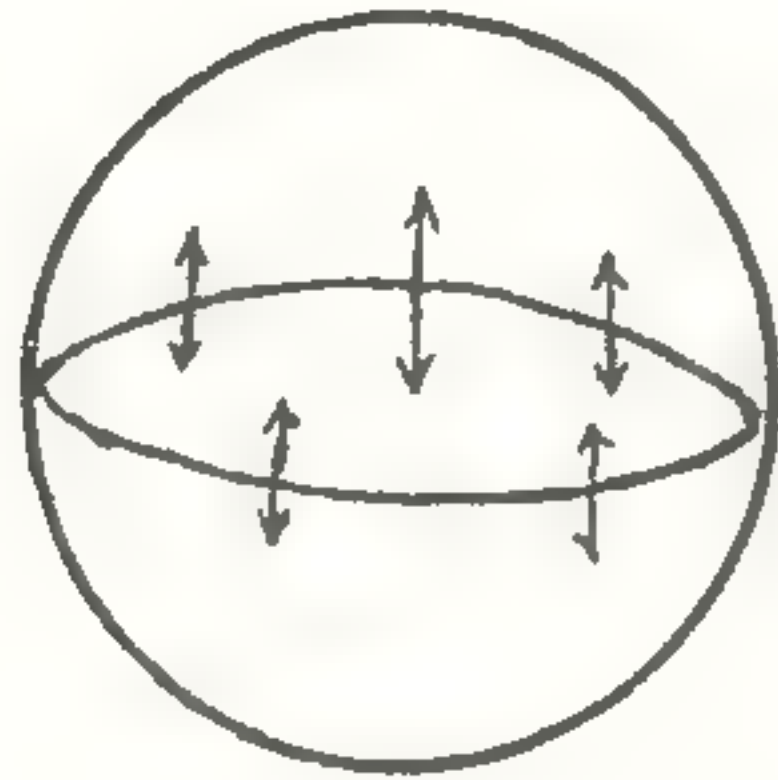
ثانياً : تجاذب جزيئات الماء بعضها الى بعض . وهو العامل الذي يؤدي الى وجود الماء ليس حول الحبيبات فحسب ، بل وحتى في المسافات البينية المتسعة نوعاً في التربة . والمعلوم أن أي قطرة في داخل السائل تكون خاضعة الى قوى شد في جميع الجهات متساوية ولذلك تكون المحصلة صفر ، وبالتالي تصبح حرة الحركة تماماً. أما عند تلامس سطح السائل مع الهواء الجوي وهو ما يسمى Liquid air interfaces فإن قطرة السائل تكون معرضة الى قوى شد في المستوى الافقي وإلى اسفل فقط وبذلك تبدو النقطة مشدودة بقوى لا تكون محصلتها صفرأ ، مما ينشأ عند سطح السائل خاصية التوتر السطحي أو الجذب السطحي Surface tension . ونتيجة لهذه القوى تتجاذب الأغشية المائية لتقليل سطح الاتصال بين السائل والهواء الى أقل حد ممكن وينتج عن كل ذلك ضغطاً سالباً تكون محصلته القوى الناتجة عنه جهة داخل السائل .

ويتغير هذا الضغط الناتج عن التوتر السطحي (الجذب السطحي) تغيراً مباشراً كنتيجة لمقدار تقعر الأغشية حول حبيبات التربة ، وعليه فكما كان التجذب شديداً عند سطح اتصال الماء بالهواء كما كانت القوى الناتجة كبيرة ، أي كلما زاد الشغل اللازم لطرد وحدة الوزن من الماء الممسوك .

فلو رمزنا للضغط السالب (ض) وهو الناتج عن قوة الجذب السطحي (ت) دينة لكل (١) سم لكانت المعادلة :

$$\text{ض} = \frac{\text{ت} \times \pi \times \text{دائرة}}{\text{نق}}$$

حيث نق نصف قطر الماء بالسـ .
وكما صـفرت نق لصـفر نقط الماء أو لزيادة تقعر القشـاء المائي حول الحبيبات كما زاد الضغط السـالب
أي زادت قوة الجذب .
ولـكي نوضح أثر السطوح المذكورة للسائل على الضغوط في داخلها أو خارجها نفرض وجود كرة
من السائل أو نقطة منه كما هو مبين بالشكل (١٥) .



شكل (١٥)

وعندما تكون هذه الكرة في حالة اتزان يكون التوتر السطحي للقشـاء المحيط فيها من الخارج
مساوياً للضغط في داخلها . فإذا قطعنا هذه الكرة بمستوى يمر بمركزها ، لوقعت على هذا المستوى
قوتان متضادتان متساويتان :

الاولى : قوة من الداخل الى الخارج تمنع انكماش السطح الخارجي .

الثانية : قوة تعمل من الخارج الى الداخل وهي قوة التوتر السطحي للسائل اثناء محاولتها تصـفـر
سطح الكرة الى الحد الادنى له .

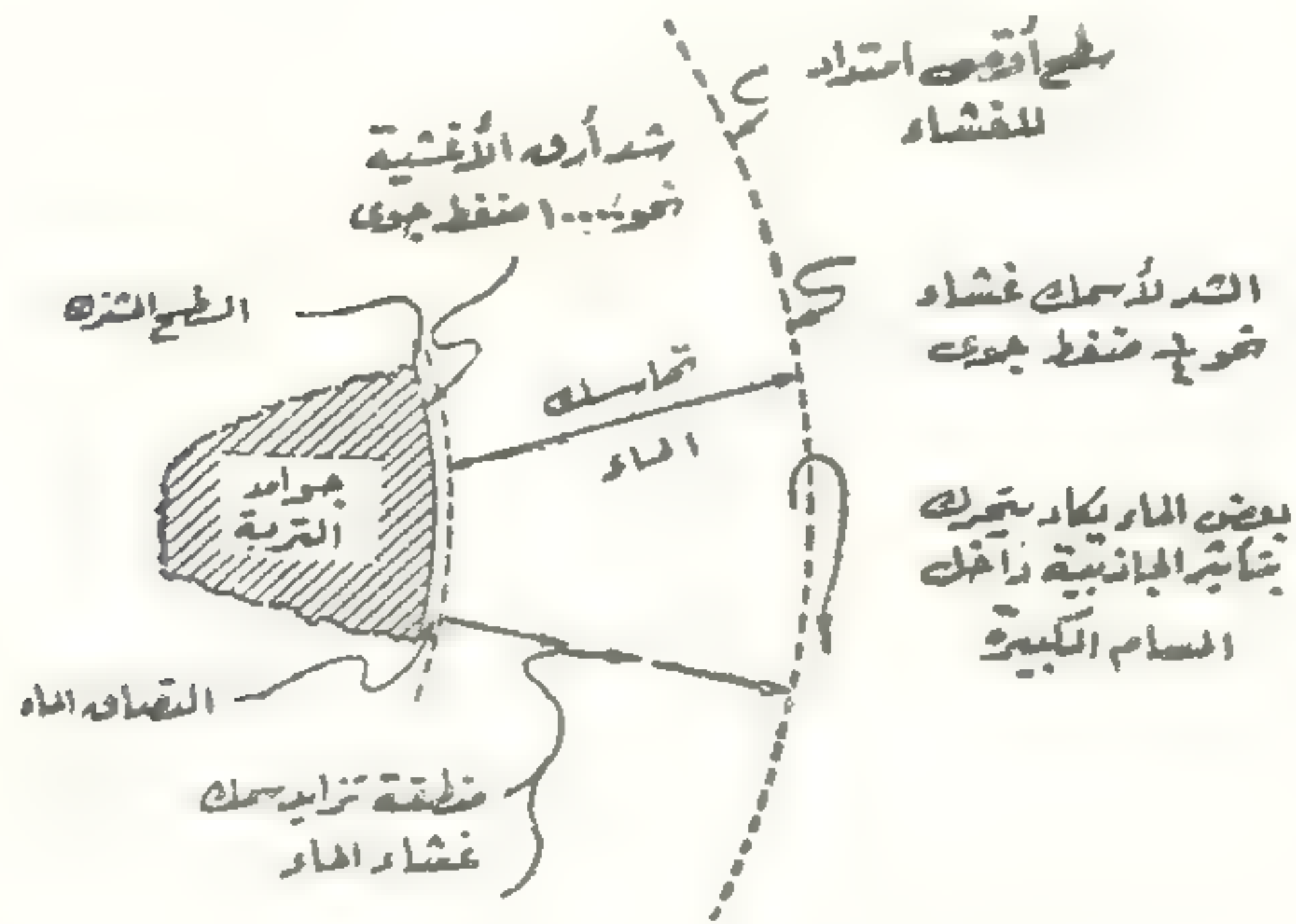
فإذا كانت القوة الاولى التي تدعو الى الانفصال تساوي (ض) على كل (١ سم^٢) من سطـ
الانفصال ، وان التوتر السطحي للماء يساوي (ت) على كل (١ سم) طولي من محيط الانفصال . وكان
نصف قطر الدائرة (الكرة) نق كانت القوتان المتعادلتان المتضادتان هما كالآتي ، وعلى كل نصف .
نصف الكرة :

$$\text{ض} \times \pi \times \text{نق}^2 = \text{ت} \times \pi \times \text{نق}$$

أي ان : ض نق = ٢ ت

أي : ض = $\frac{٢ ت}{نق}$ دبنة

ومن هذا يتضح ان الضغط الناتج من التكور يزداد بصغر نصف قطر التحدب وبقدر زيادته . وفي الوقت نفسه إذا قلنا التحدب هذا الى تقعر ، كما في الحصور التي توجد حول الحبيبات عند تناقص الرطوبة ، انقلب الضغط الناشئ في الداخل الى تخلخل او نقص في الضغط ، وهذا النقص في الضغط عبارة عن قوة امتصاص تتحكم في ملء الفجوات بالماء أو في تفريغها منه .



شكل (١٦)

رسم توضيحي يظهر تزايد تماسك غشاء الماء مع انخفاض قيمة الشد حول الحبيبات

ونتيجة لعملية التبخر من التربة ينقص الماء حول الحبيبات ويصبح نصف قطر التحدب ، أو نصف قطر التقعر ، في نهايته الصغرى ويصبح نقص الضغط داخل الفجوة في أقصاه ، فيصير الاتزان بين الأغشية غير ثابت ، وينقص الغشاء ويضيق المنق ويصبح هناك متسماً داخل الفجوة حيث تقل قوة امتصاص التقعر عما كانت عليه فيدخل الهواء فيها ويتوزع الماء مرة أخرى في نظام مترن جديد ... وهكذا.

مما سبق نستخلص الحقيقة المهمة الآتية :

وهي انه عند تمربض التربة الجافة تماماً للرطوبة ، فإن الماء يمسك بقوة كبيرة جداً عند سطح اتصال المادة الصلبة بالسائل ، أي على سطح الحبيبة مباشرة بحيث يصبح الماء في شكل غير سائل

Nonliquid condition وزيادة كمية الماء المضافة الى التربة ، تصبح الجزيئات المضافة ممسوكة بقوة . اقل من التي تمسك الغشاء الاول ، وهكذا تتناقص قوة مسك الحبيبات للماء بزيادة مسك غشاء الماء ، حتى تتساوى القوى التي تمسك جزيئات الماء على الحبيبة مع تلك القوى التي تجذب جزيئات الماء بعضها الى بعض . وكلما زادت كمية الماء المضافة كلما قل تقعر الغشاء المائي نفسه وتتضاءل بذلك قوى الجذب حتى نكاد تعادل قوة الجاذبية الارضية ، وذلك عندما تشبع الارض بالرطوبة . وعند ذلك يسهل أن نتخلص التربة من الرطوبة الزائدة اذ لا نحتاج الى طاقة كبيرة .

حركة الماء الشعري :

تفرض هذه النظرية ان ارتفاع الماء الشعري في الارض مبني على نظرية حركة الماء في الانابيب الشعرية . إذ ان المسافات البينية في التربة تعتبر كأنها انابيب شعرية .

ومقدار ارتفاع الماء في الانابيب الشعرية (ع) يتناسب طردياً مع مقدار الجذب السطحي للسائل (ت) ، وعكسياً مع كل من عجلة الجاذبية الارضية (عجلة التسارع) وكثافة السائل (ث) ونصف قطر الانبوبة (نق) وبين ذلك العلاقة التالية :

$$ع = \frac{ت}{نق \times د \times ث}$$

وهذا مشتق من العلاقة التي تشير إلى أن الماء سيرتفع في الانبوبة الشعرية مسافة ما بحيث تحقق المعادلة الآتية :

ثقل عمود السائل = التوتر السطحي

$$\text{أي أن : } \pi \times نق^2 \times ع \times ث \times د = \pi \times نق \times ث$$

$$ع = \frac{ت}{نق \times د \times ث} \quad \text{ومنه}$$

فاذا عوضنا عن د (عجلة الجاذبية) بـ ٩٨١ سم / ثا / ثا . وعن ث (الجذب السطحي للماء) = ٧٣٥ دينة لكل ١ سم . و ت (للماء) = ١ ع/سم^٢ تقريباً .

$$\text{فيكون } ع = \frac{٠.٠١٥}{نق}$$

فاذا فرضنا أن أرضاً ما نصف أقطار مسامها ٠.٠٠٠٠١ سم كان مقدار ارتفاع الماء الشعري فيها :

$$ع = \frac{٠.٠١٥}{٠.٠٠٠٠١} = ١٥٠٠ سم = ١٥ م$$

ولكن كثير من الباحثين واهمهم Keen ، اثبتوا ان ارتفاع الماء في التربة لا يمكن ان يقرب عملياً من الارتفاع المحسوب في هذه المعادلة مهما صغرت اقطار الحبيبات . وكان اقصى ارتفاع ، توصل اليه كين ، يمكن ان يرتفع اليه الماء الشعري هو ٨٠ سم في أرض طميية ثقيلة . ولو أن غيره من الباحثين قد سجل ارتفاعات اكبر ، فقد سجلت محطة روثامستد بانجلترا ارتفاعاً قدره ١٥٠ سم في الاراضي الطينية .

ويرجع هذا الاختلاف الى ان المسافات البينية غير منتظمة الشكل ، كما أن حبيبات التربة غير متساوية ، وليست مرتبة ترتيباً واحداً . وبذلك تتدخل عوامل كثيرة تحول دون وصول الماء الى الارتفاع المحسوب نظرياً .

ولقد عملت تجربة على ارتفاع الماء الشعري في نوعين من الاراضي رملية وملتية صفراء ، حيث وضع عمودان من التربة فوق سطح من الماء وقيست سرعة صعود الماء في كل انبوب وكانت النتائج كما في الجدول (٨) .

جدول (٨)
ارتفاع الماء بالبوصة في كل من ارضين : رملية وملتية صفراء

ارتفاع الماء بالبوصة		الزمن
ملتية صفراء	رملية	
٧٦٣	١٣٦٥	١/٢ ساعة
١١٦٢	١٤٦٣	١ ساعة
٢٦٦٦	١٦٦٦	٦ ساعة
٣٥٦٣	١٧٦٢	١٢ ساعة
٤٦٦٤	١٨٦٤	١ يوم
٥٦٦٤	٢٠٦٣	٣ ايام
٧٨٦٥	٢١٦٨	٦ ايام
٨٦٦٣	٢٣٦٠	٩ ايام
٩٩٦٢	٢٥٦٣	١٨ يوم

حيث يتضح من الجدول ان ارتفاع الماء بعد (١٨) يوم في الاراضي السلتية الصفراء كان اكبر من ارتفاعه بالارض الرملية وذلك لان المسافات البينية في الارض الرملية واسعة ، بينما تكون كثيرة وضيقة في حالة الارض الصفراء . كما يلاحظ ان حركة الماء في بادىء الامر في الارض الرملية سريعة وذلك لقلة الاحتكاك بين جزيئات الماء الصاعد ومسطح حبيبات الرمل الذي يكون اقل من سطح حبيبات الارض السلتية الصفراء .

ولقد عملت تجربة اخرى قدرت فيها نسبة الرطوبة في نوعين من التربة : رملية وطينية وذلك على ابعاد مختلفة من مستوى الماء في الحوض ، ولقد بينت النتائج في جدول (٩) .

جدول (٩)

النسبة المئوية للرطوبة عند ارتفاعات مختلفة من مستوى الماء في الحوض في ارض طينية واخرى رملية

نوع الارض	الارتفاع عن مستوى الماء في الحوض بالبوصة					
	١	٦	١٢	٢٤	٣٦	٤٧
ارض رملية	٪٢٤١٣	٪١٤١٣	٪٣١٩			
ارض طينية	٪٣٦١٦	٪٣٥	٪٣٢١٤	٪٢١١٤	٪١٢	٪٤١٣

ويلاحظ ان النسبة المئوية للماء في الحالتين تقل كلما ارتفعنا عن مستوى الماء في الحوض . وعلى ذلك في الاراضي تزداد نسبة الماء الشعري في طبقاتها كلما قربنا من مستوى الماء الارضي .

وفي الطبقات القريبة من المستوى تكون كل مسام الارض مشبعة بالماء ، وابتعد من ذلك أي كلما اقتربنا من السطح تكون المسام الضيقة مشبعة تماماً والكبيرة غير مشبعة ، ثم يأخذ الماء في التناقص كلما صعدنا الى الاعلى .

ولكن هذا الترتيب يأخذ في التغير بعد الري أو سقوط مطر حيث تصبح نسبة الماء في الطبقات العليا أعلى منها في الطبقات السفلى ولكن لفترة مؤقتة .

العوامل التي تتوقف عليها كمية الماء الشعري :

نظراً لأهمية الماء الشعري في التربة من حيث قابلية النبات لامتصاصه ، لذا سنتناول العوامل التي تؤثر في سعة الارض في الاحتفاظ بالماء الشعري ، ويتوقف ذلك على عدة عوامل يمكن ان ندرج بالتالي : —

١ - قوام الارض : كلما زادت نمومة التربة تزداد عمقاً نسبة المسام فيها ، ولذلك فان الاراضي الطينية تتمكن من الاحتفاظ بالماء الشعري بدرجة أكبر مما هي في الاراضي الرملية ، ويرتبط تأثير قوام الارض ارتباطاً مباشراً في البناء الارضي .

٢ - بناء الارض : تتأثر السعة المائية بدرجة كبيرة ببناء الارض ، فعلى الرغم من قدرة الارض الرملية الصغيرة على الاحتفاظ بالماء الشعري ، إلا انه يمكن زيادة ذلك بضغط هذه الارض عن طريق التزحيف وكس التربة .. وغيرها . إذ بضغط الارض الرملية يزداد عدد نقط التماس ، كما يزداد عدد الاغشية والخصور مما ينشأ عنه زيادة عدد الانابيب الشعرية فيها ، ويكون الامر بالعكس في الاراضي الطينية ، حيث ان الاراضي المضغوطة تحوي ماءً شعرياً أقل مما في حالة الاراضي الطينية ذات التركيب الحبيبي الجيد ، ولذلك نميل الى تكبير المسام الضيقة الى مسام واسعة في الاراضي الطينية بطرق تحسين البناء الارضي المعروفة .

٣ - المادة العضوية : إن زيادة المادة العضوية في التربة تؤدي الى زيادة كمية الماء الشعري فيها . فمن جهة تحسن المادة العضوية من البناء الارضي ، كما ان سطحها النوعي الداخلي كبير جداً مما يساعد أغشية الماء أن تزحف على هذه السطوح وتمسك بها .

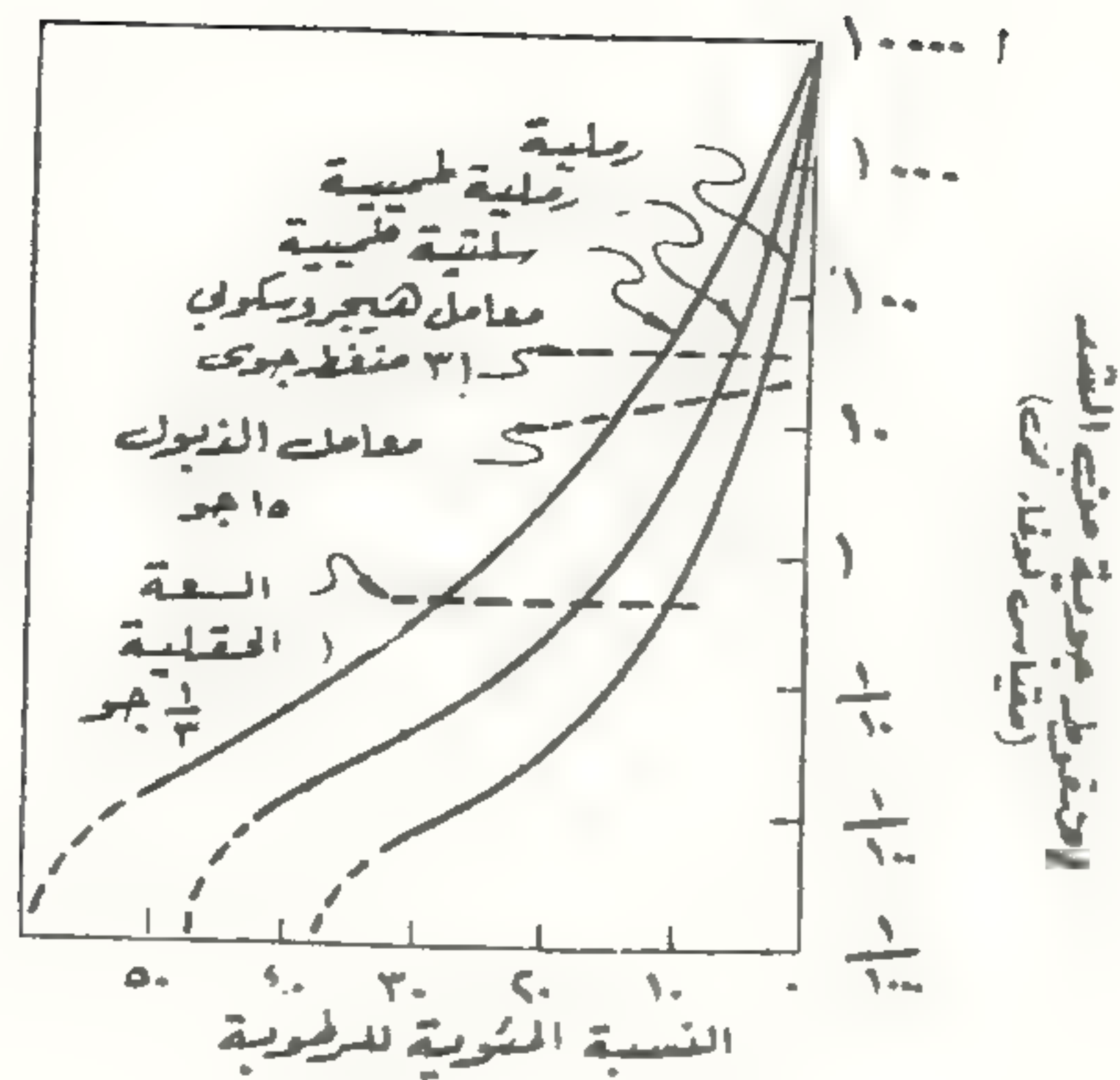
٤ - عمق التربة : تتأثر كمية الماء الشعري بعمق التربة ، ففي الاراضي ذات مستوى الماء الارضي المرتفع ، يلاحظ تناقص الماء الشعري كلما ارتفعت التربة عن مستوى الماء . أما في الاراضي ذات المستوى البعيد جداً فان كمية الماء الشعري ترتبط بعمق التربة أي بمقدار عمق الصخر أو الطبقات الصماء عن السطح ، فالاراضي الضحلة تكون قدرتها على الاحتفاظ بالماء صغيرة نظراً لصغر الحيز الذي يسمح للماء بالاحتفاظ . وهذه نقطة هامة في الزراعة البعلية حيث تحتزن المياه في موسم الامطار على صورة ماء شعري تقدمه الارض للنباتات المزروعة عند الحاجة سواء في الزراعات الشتوية أو الصيفية المبكرة . إذ كلما زاد عمق التربة زادت قدرتها على الاحتفاظ بالماء وبالتالي زادت قدرتها على إمداد النبات بالماء .

٥ - الجذب السطحي للمحلول الارضي : يتأثر الجذب السطحي للمحلول الارضي بماملين : درجة الحرارة وكذلك درجة تركيز الاملاح في المحلول الارضي ، إذ يزداد الجذب السطحي للماء بانخفاض درجة الحرارة ، وبالتالي تزداد كميته في التربة ، والمعادلة التي تبين علاقة الجذب السطحي للماء بدرجة الحرارة هي :

$$تد = ت. - ع \times د$$

حيث : تد = الجذب السطحي للماء عند درجة الحرارة د°م .

$$ت. = \text{ثابت} = \text{صفر مثوبة} .$$



شكل (١٨)

الجافة من عينة التربة . كما يلاحظ أن الماء الأرضي قد يكون ممسوكاً بقوة تقرب من ١٠٠٠٠٠ ضغط جوي (أي $PF = \gamma$) عندما تكون التربة قريبة من الجفاف . وعندما يضاف الماء إلى التربة بكمية كبيرة تصبح القوة اللازمة لسحب وحدة من الماء المضاف إلى التربة صغيرة ، والمنحنيات تمثل التدرج في هذه القوى المتصلة ، مما يبين أن الماء الأرضي لا يقسم إلى صورته المختلفة لاختلاف في نوعه ، وانما تسمى صورته حسب درجة أو مدى القوى التي تمسكه .

وتختلف أشكال المنحنيات الخاصة بقوى مسك التربة للماء PF Curves من أرض إلى أخرى حسب قوامها ، الذي يحدد قوة حفظها للماء ، ونسبة واتساع المسافات البينية ، وغيرها من الخواص .

وقد قسمت صور الماء الأرضي على أساس عامل القوة PF هذا فيعتبر :

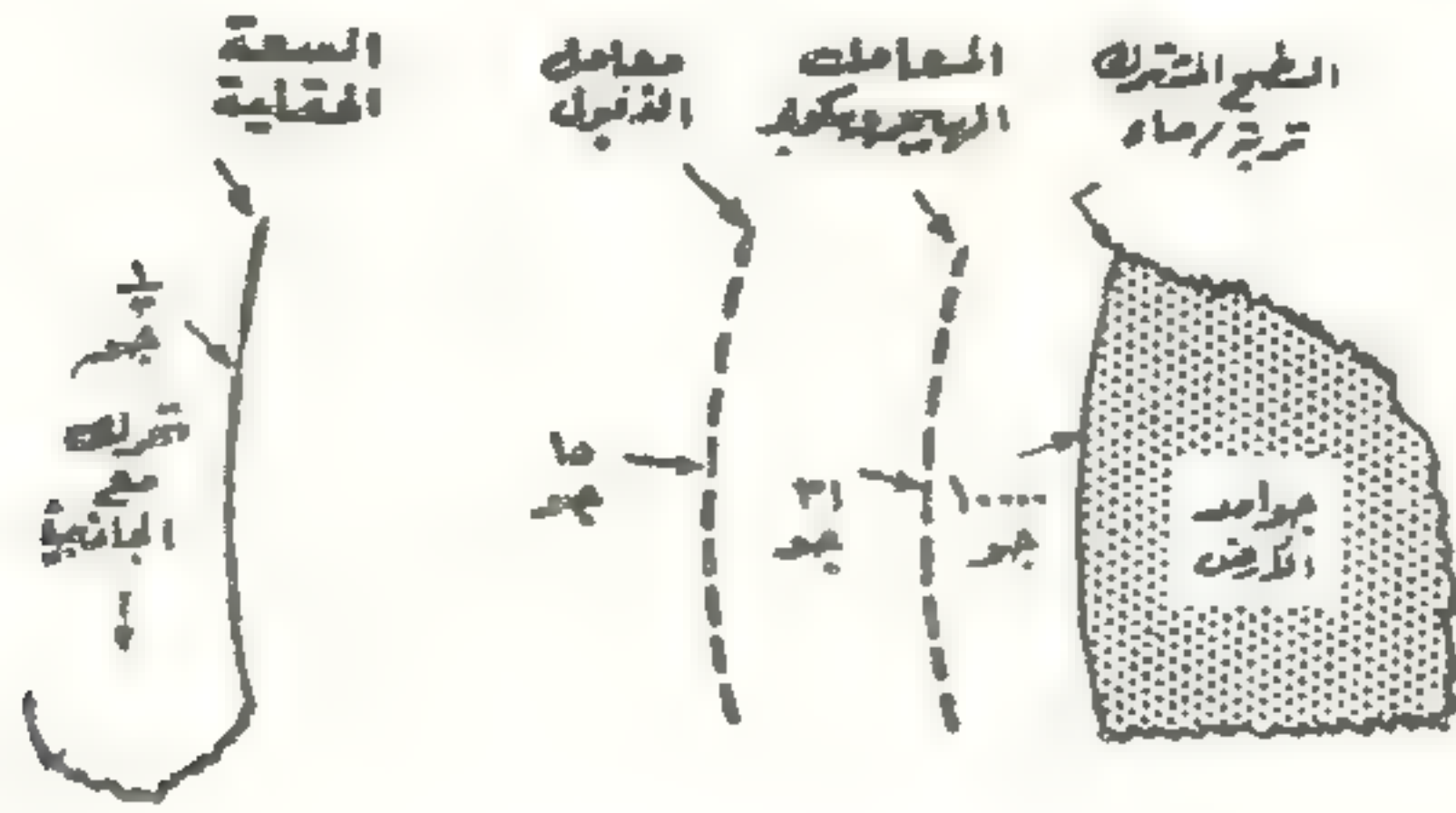
١ - الماء الأيغروسكوبي ما كان عامل القوى ٤٥٩ فأكثر .

٢ - الماء الشمري ويقع بين ٤٥ و ٢٧٧ .

٣ - الماء الحر إذا قل عامل القوة عن ٢٧٧ .

وقد بني هذا التقسيم على أساس أن عامل القوة إذا نقص عن ٢٧٧ كانت قابلية الماء للحركة كبيرة ، بحيث أنه يبدأ بالتحرك متأثراً بالجاذبية الأرضية .

وان عامل القوة (٤٥) يقابل قوة التصاق الماء حول الحبيبات عندما تنسحب الأرض أقصى مقدار للماء الايجروسكوبي في جو مشبع ، به رطوبة نسبية تقترب من ١٠٠٪ ، وانه اذا زاد الماء عن ذلك يبدأ في اظهار خاصية التوتر السطحي ، وهي بطبيعة الحال تميز الماء الشعري عن الماء الايجروسكوبي



شكل (١٩) رسم توضيحي يبين العلاقة بين سعة اششبة الماء وقوة شد الماء حول الحبيبات مقدرة بالضغط الجوي

تقدير رطوبة الأرض :

يمكن أن نقدر الرطوبة في الأرض إما بالطريقة المباشرة ، او عن طريق تقدير الطاقة التي يمتص بها الماء في التربة . وهناك خمسة طرق رئيسية ، نذكرها بالتالي :

١ - الطريقة الوزنية : وهي أكثر الطرق استعمالاً ودقة ؛ حيث توضع عينة التربة الرطبة المعروفة الوزن في فرن درجة حرارته ١٠٠ - ١١٠ °م لمدة معلومة ، ثم توزن العينة ثانية ، وتكرر العملية حتى ثبات الوزن ، وتعتبر الكمية التي فقدت بالتسخين تمثل الرطوبة الأرضية الموجودة في العينة الرطبة .

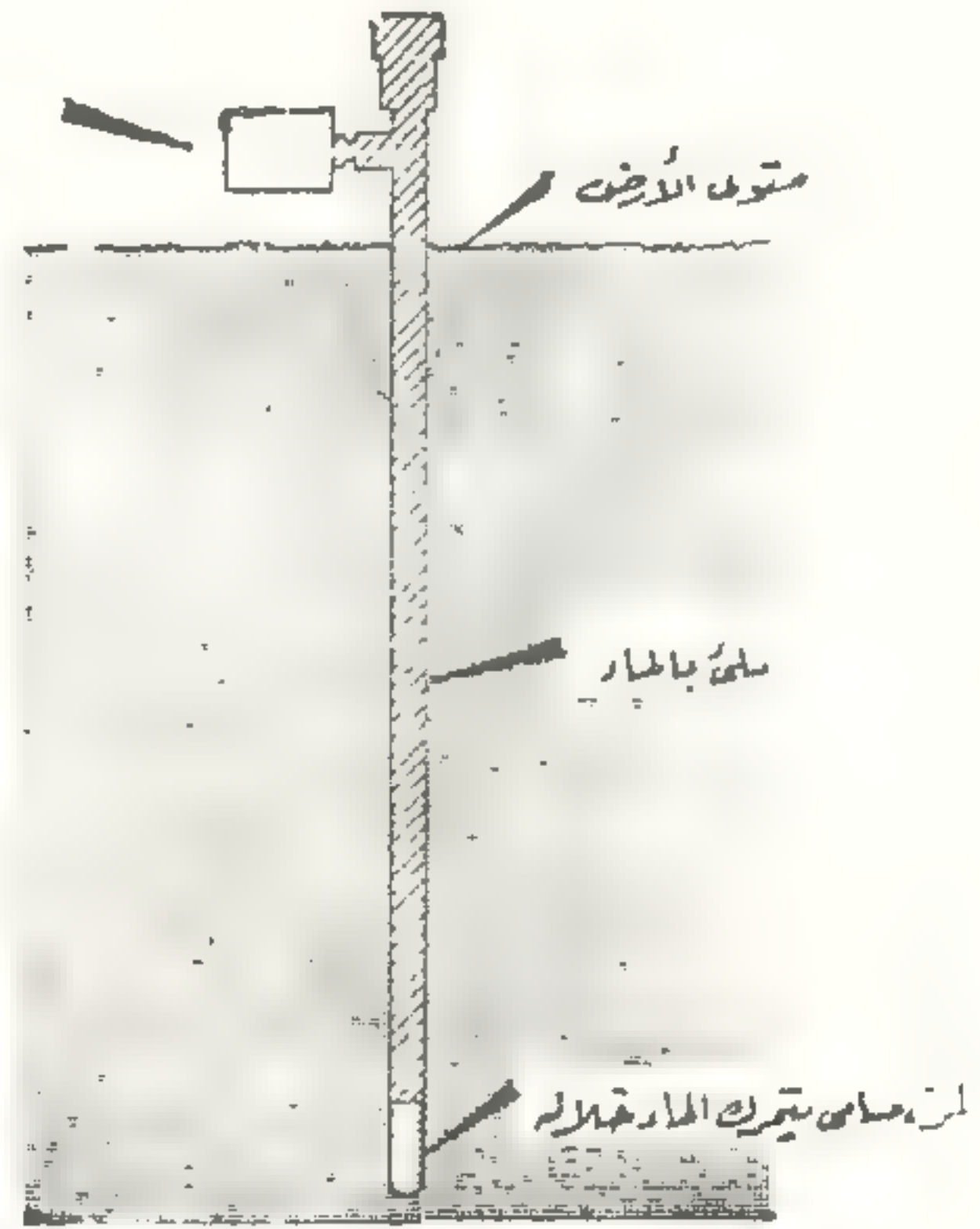
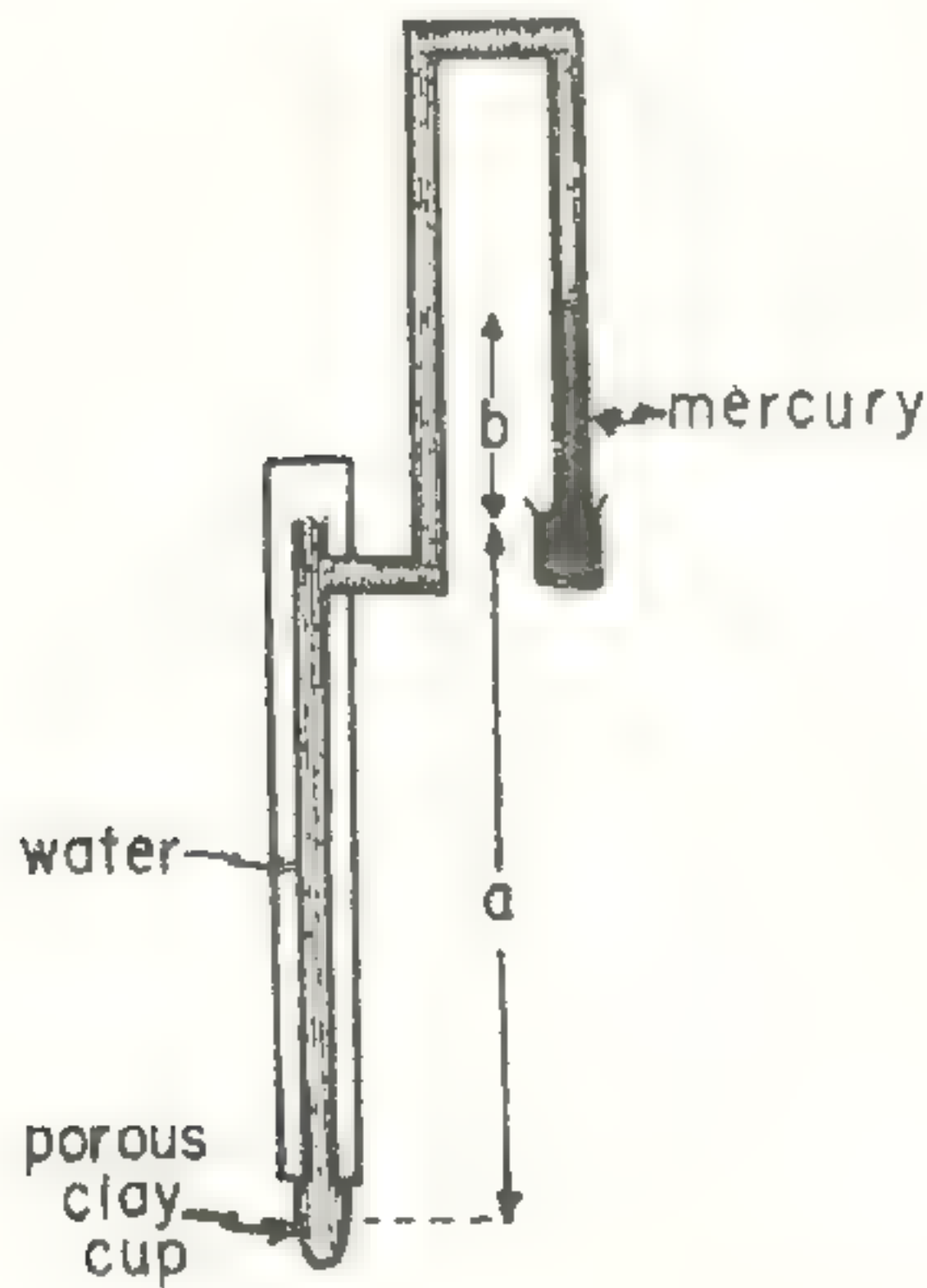
٢ - طريقة الطارد المركزي : وذلك بتعريض الرطوبة الأرضية في التربة الى قوة جذب قد تصل الى ٣٠٠ . ٠٠٠ مرة قدر الجاذبية الأرضية .

٣ - طريقة التوصيل الكهربائي : ويستعمل فيها قوالب من الجبس (Gypsum blocks) ، تتصل بجهاز خاص لقياس مقاومة تيار كهربائي معلوم ، وتتوقف مقاومة التيار في القوالب المذكورة على كمية الرطوبة الموجودة بها ، وعند دفن هذه القوالب في التربة باحتراس فانه يحدث اتزان بين الماء في الأرض وفي القوالب ، وعند قياس مدى التوصيل الكهربائي خلال القالب الجبسي (الذي يوضع فيه سلكين معدنيين يفصلهما عن بعضها مسافة ثابتة) يمكن معرفة نسبة الرطوبة في التربة ، ويستعان في ذلك بمعايرة

قراءات المقاومة في الجهاز مع محتوى معلوم عن الرطوبة في الارض .. وتستخدم هذه الاجهزة بنجاح في عمليات الري ، وتعتبر حساسة في حالات قوى الشد الواقعة بين ١ - ١٥ ضغط جوي .

وينصح ألا تستخدم طريقة قوالب الجبس في الاراضي التي تحتوي على طين من نوع المونتموريللونيت وهذا الطين يمتص كمية كبيرة من الماء وينتفخ به ، وعند نقص الرطوبة قليلا تميل الارض للانكماش والتشقق تدريجياً مما يقلل التلامس المباشر بين التربة الرطبة وقالب الجبس المدفون في التربة وبالتالي تكون قراءات الجهاز خاطئة في المستويات المنخفضة من الرطوبة .

٤ - طريقة التنشيوترات Tensiometer : وهذه في المادة تقيس الطاقة التي يرتبط بها الماء بالارض أي قوة الشد . وهو من أكثر الطرق انتشاراً ، وتوجد أنواع عديدة منه . والفكرة الرئيسية للجهاز انه يتكون من رأس مدنية مسامية مصنوعة من الطين ، ومنصلة بقياس (مانومتر) زئبقي ، أو مقياس



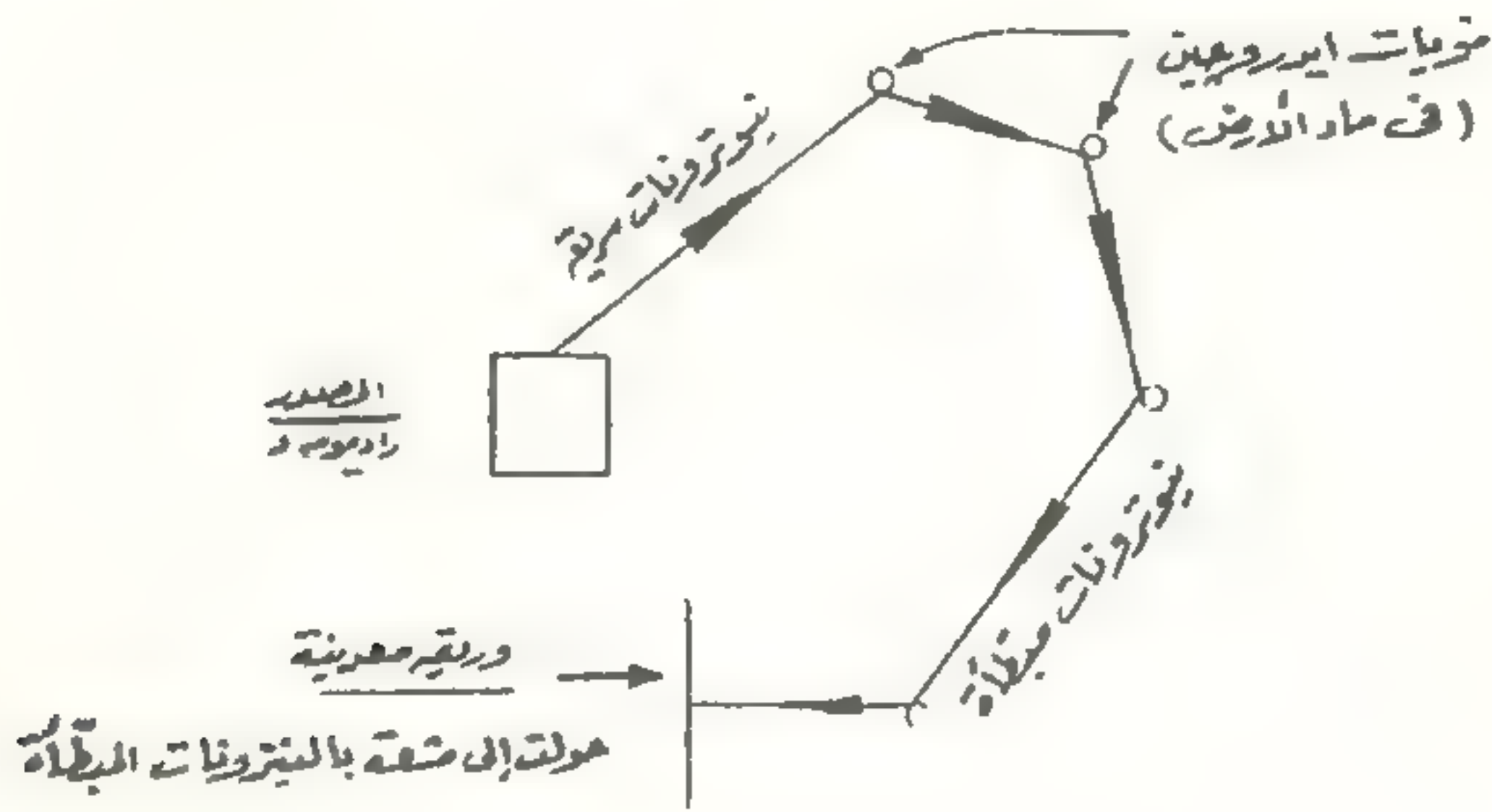
شكل (٢٠) رسم تخطيطي لقطع Tensiometer (الى اليمين)
من نوع مقياس قوة الشد ، (الى اليسار) من النوع الزئبقي

لقوة الشد ، وتتلأ الرأس المسامية والانبوبة المتصلة بها بالماء ، ثم نفخس الرأس المدنية في التربة المحتوية على أية نسبة من الرطوبة المراد اختبارها . فاذا ما تم التوازن بين الماء الموجود في الرأس المدنية وفي التربة ، تقدر قوة جذب التربة للماء عندئذ بقراءة مقياس قوة الشد ، أو بقراءة ارتفاعي الزئبق والماء في مقياس الضغط ، حيث يجري حساب قوة جذب التربة للماء بمعادلة بسيطة .

وتستخدم طريقة التنشيومتر بنجاح في قوى التمدد المنخفضة في التربة أي حوالي ١ خرج أو أقل أي في حدود السعة الحقلية المتأداة وتوجد منه أطوال مختلفة يختار الملائم منها لنوع المحصول المزروع ومدى تعمق جذوره .

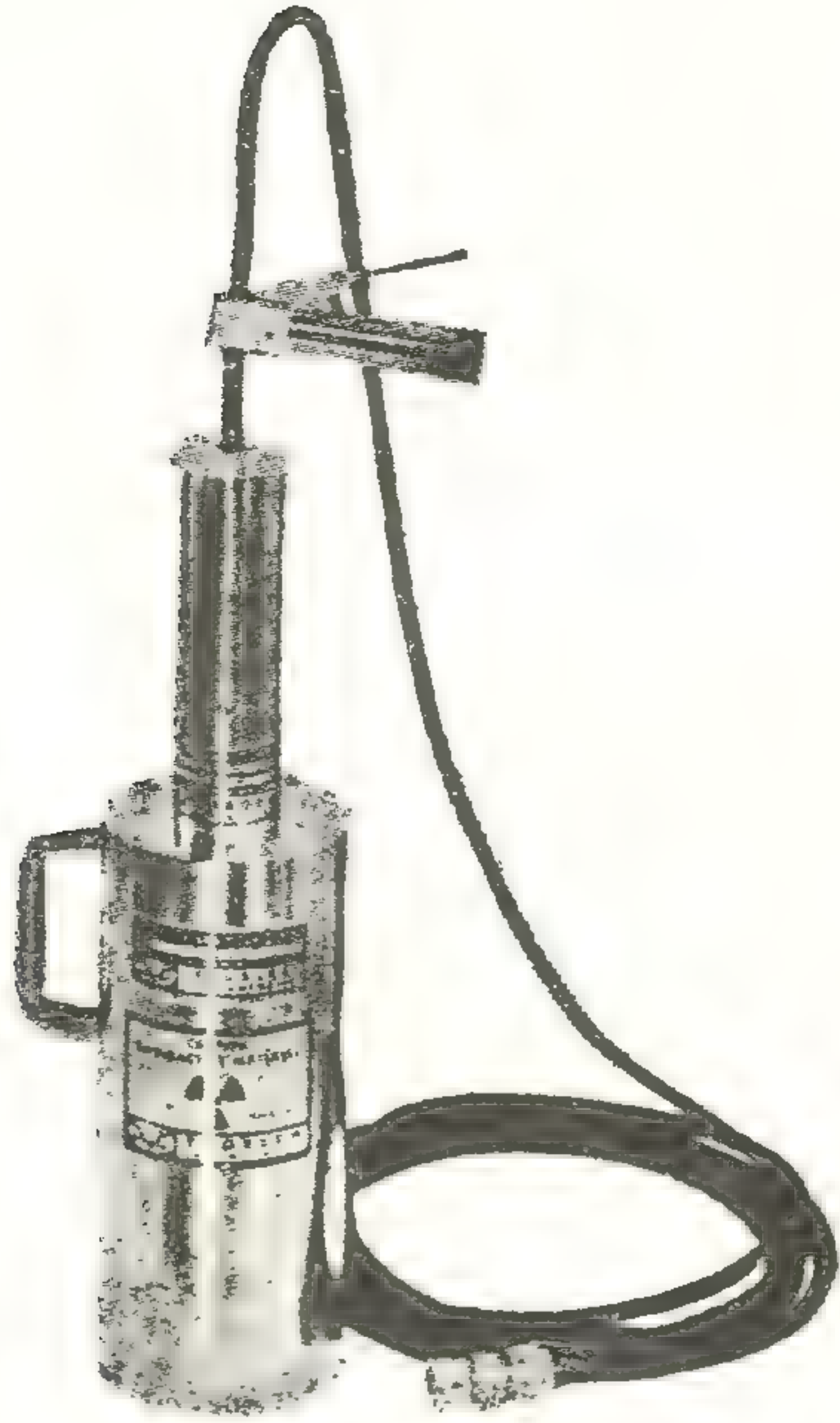
• - طريقة تشتت النيوترونات Neutron-Scattering method : وتعتبر من أحدث الطرق التي اكتشفت لتقدير رطوبة الأرض . فقد أمكن استغلال الحقيقة المعروفة عن ذرات الأيدروجين التي يحتويها الماء الأرضي بأن تأثيرها أكيد في الإقلال من سرعة النيوترونات سريعة الحركة ، وفي تشتيتها . وبسبب القسمة والتغير في اتجاه هذه النيوترونات يعود بعضها إلى نقطة قريبة من المصدر الأصلي كجزيئات بطيئة الحركة .

ويتعلق عدد هذه النيوترونات البطيئة بكمية ذرات الأيدروجين (وبالتالي بجزيئات H_2O) الموجودة في الأرض . وعادة تنطلق النيوترونات من المصدر المشع (راديوم ١ أو كوبلت ٦٠) على درجة عالية من السرعة . وعندما تصطدم هذه النيوترونات بذرة صغيرة مثل الأيدروجين الموجود في الماء الأرضي فإن



شكل (٢١) توضيح لطريقة النيوترونات في قياس رطوبة الأرض

اتجاه حركتها يتغير وتفقد جزءاً من طاقتها وبذلك تصبح بطيئة . وهذه النيوترونات البطيئة يمكن قياسها باستخدام صفيحة رقيقة من معدن الراديوم أو الفضة التي تصبح مشعة عندما تصطدم بها النيوترونات وكلما زاد الماء في الأرض زاد عدد النيوترونات البطيئة التي تصدم الصفيحة المعدنية ، وكبرت الاشعاعية الناتجة وأمكن قياسها بسهولة ، حيث تنتقل الاشعاعات إلى جهاز عد خاص مرفق بالجهاز ، ومن عدد الاشعاعات التي تزداد بزيادة الرطوبة في التربة يمكن من جداول خاصة معرفة مقدار الرطوبة في التربة



شكل (٢٢) جهاز قياس الرطوبة بطريقة تشتت النيوترونات

وتتميز طريقة تشتت النيوترونات أنها تستخدم دون أي تغيير في البناء الأرضي أو دون أن تتأثر القراءات بنسبة الأملاح الموجودة في التربة .

الثوابت المائية الأرضية

SOIL MOISTURE CONSTANTS

هناك نقطة ثابتة مميزة يمكن على أساسها أخذ فكرة عن حالة الرطوبة في التربة ، ونستعرض في التالي أكثر هذه النقاط أهمية :

١ - المعامل الايجروسكوبي Hygroscopic coefficient : وقد سبق الكلام عنه .

٢ - المكافئ الرطوبي Moisture equivalent : وهي من المقط التقريبية الوضعية المتفق عليها Arbitrary point ، وتعرف بأنها النسبة المئوية للرطوبة التي تحتفظ في التربة بعد تعريض التربة المشبعة بالماء لطرد مركزي يعادل الجاذبية الارضية مقدار ١٠٠٠ مرة .

ولقد قدرت القوة التي تمسك بها التربة الماء حول حبيباتها ، فوجدت انها تعادل $\frac{1}{4}$ ضغط جوي أي حوالي $PF = 2.7$.

وقد وجد lebedev انه كلما زاد الطرد المركزي المؤثر على التربة المبتلة كلما نقص مقدار الماء الذي يمكن للتربة ان تحتفظه . حتى اذا ما وصل الى قوة طرد مركزي مقداره ١٨٠٠٠ مرة مقدار الجاذبية الارضية انعدم نقص الماء .

ويرى Hendrickson and Veihmeyer سنة ١٩٣١ ان المكافئ الرطوبي في الاراضي دقيقة القوام تقارب السعة الحقلية . اما في الاراضي الخشنة القوام والتي يقل المكافئ الرطوبي فيها عن ١٤٪ فيكون المكافئ الرطوبي اقل من السعة الحقلية .

٣ - السعة الحقلية (او المائية) المعتادة : Normal-Field capacity وهي عبارة عن النسبة المئوية للماء التي تحتفظ بها الارض بعد رشع الماء الزائد ، وتكون سرعة الرشع قد قلت جداً حيث تقرب من الصفر ويحصل على هذه الحالة في الاراضي جيدة الصرف بعد الري بحوالي ٤٨ ساعة .

وتعتبر معرفة السعة الحقلية المعتادة للارض الزراعية ضرورية جداً ، حيث يستفاد منها في تحديد أقصى كمية مياه يجب اضافتها للارض في الري الواحدة لتبتل منطقة الجذور . إذ الملاحظ أن المياه الزائدة عن السعة الحقلية المعتادة لا تستطيع التربة الاحتفاظ بها ولذلك ترشح اسفل منطقة الجذور .

ويلاحظ تغطية سطح التربة بقش النباتات أو غيره حتى لا تتعرض الرطوبة الموجودة بها الى الفقد بالتبخر من سطح الارض ، واقد قدرت PF عند درجة السعة الحقلية المعتادة ، فوجدت انها تساوي تقريباً ٢.٧ ، اي انها قريبة من المكافئ الرطوبي كما ذكر سابقاً . والفرق بينها ان الاولى تقدر في الحقل ، بينما الثانية (أي المكافئ الرطوبي) تقدر في المعمل .

ويعتبر تحييب التربة وضغطها من اهم العوامل التي تؤثر على حفظ التربة الماء ، فضغط الارض الرملية يزيد من قدرتها على حفظ الماء ، بينما عملية التحييب في التربة تزيد من قوة حفظ التربة الطينية للماء .

٤ - السعة المائية العظمى Maximum Water Capacity وهي أقصى نسبة من الرطوبة يمكن أن تشبع بها عينة من التربة بعد تمام طرد الهواء من مسافات البينية ، وتكون قيمة PF عند هذه الدرجة

= صفر ، وهذه الحالة لا تحصل عادة في الاراضي العادية . بل توجد في إحدى حالتين :

أ - الاراضي الغدقة السيئة الصرف .

ب - طبقات التربة التي تحت مستوى الماء الارضي أو القريبة منه جداً .

هـ - معامل الذبول Wilting Coefficient : تظهر دلائل الذبول عند درجة تنقص عندها نسبة الرطوبة في التربة للدرجة تكون قوة جذر حبيبات التربة الماء اكبر من قوة جذب الشمس—يرات الجذرية للماء ، أي للدرجة لا يمكن للجذور عندها انتزاع الماء من التربة .

ويعرف معامل الذبول بأنه : النسبة المئوية للرطوبة التي تحتويها التربة عندما تبدو على أوراق النبات دلائل الذبول المستمر ، وذلك نتيجة لعجز النبات عن امتصاص الماء من هذه التربة .

ويختار عادة نبات عباد الشمس لاجراء مثل هذا التقدير ، اذ انه نبات حساس لنقص الماء . ويقصد بالذبول المستمر ، ان الاوراق القاعدية للنبات تعجز عن استرداد نشاطها عند وضعها في جومشبع بخار الماء وبدون اضافة ماء للتربة . ولقد وجد في معظم النباتات ان الذبول يصحبه دائماً نقص في الماء الذي تحتويه اوراق هذه النباتات .

ومن الضروري التمييز بين الذبول الدائم والذبول المؤقت . فالذبول الدائم يحدث نتيجة نقص الرطوبة في التربة للدرجة يعجز معها جذر النبات من امتصاص الماء اللازم له . أما الذبول المؤقت فيظهر على الاوراق بالرغم من احتواء التربة على نسبة عالية من الرطوبة ، ويحدث ذلك في أيام الصيف الحارة عند فترة الظهيرة حيث يكون معدل النتع أعلى من سرعة امتصاص الجذر للماء ولذلك يحدث اختلال في التوازن بين الماء الممتص وماء النتع ينتج عنه ذبول الاوراق ولكن سرعان ما يستعيد النبات نشاطه ثانية قبيل الغروب عند انخفاض حرارة الجو .

واقد وجد بريجز وشانتز Briggs and Shantz ان معامل الذبول =

المكافئ الرطوبي

١٩٨٤

واقد وجد أن الرقم (١٩٨٤) هذا ، يختلف باختلاف التربة ، ويتراوح بين ١٩٧٣ - ٣١٨٢ . ويختلف معامل الذبول باختلاف قوام التربة ومقدار ما تحتويه من الثرويات والمواد العضوية . إذ أن معامل الذبول في الارص الطينية اكبر منه في الاراضي الرملية ، كما وجد ان معامل الذبول ثابت للارض الواحدة وهو لا يختلف باختلاف النبات المزروع ، كما يتبين من الجدول (١١) . ولقد كان هذا مثار جدل بين علماء الاراضي والذين يهتمون بفيزيولوجيا النبات ، إذ يعتبر النباتيون أن معامل الذبول يتعلق بنوع النبات أكثر مما في طبيعة الارض ، ويدعمون رأيهم بإمكانية النباتات الصحراوية أن

تمتص الرطوبة من التربة حتى ولو كانت دون معامل الذبول . وواضح من الجدول رقم (١١) أن رأي علماء الاراضي يبقى صحيحاً في حدود النباتات الاقتصادية .

جدول (١١) النسبة المئوية للرطوبة عند معامل الذبول
في أراضي مختلفة القوام ومنزوعة بنباتات مختلفة

رمليّة ناعمة	صفراء رمليّة	صفراء	صفراء طينية
ذرة صفراء	٣٦١	٦٠٥	٩١٩
ذرة بيضاء	٣٦٦	٥١٩	١٠
القمح	٣٦٣	٦١٣	١٠٦٣
بازلاء	٣٦٣	٦١٩	١٢٦٤
بندورة	٣٦٣	٦١٩	١٠٦٧
أرز	٢٦٧	٥١٦	١٠٦١
			١٣

وبين الجدول رقم (١٢) قيمة معامل الذبول والسعة الحقلية المتتاحة لعينات أراضي من حوض البليخ في منطقة الرقة . وواضح أن كلاً منها يزداد بازدياد نمومة التربة ، كذلك فإن الماء القابل للاستفادة يزداد ايضاً كلما صغرت انصاف أقطار الحبيبات .

ومن الضروري أن تروى الأرض قبل أن تنخفض نسبة الرطوبة فيها عن معامل الذبول ، وذلك كي لا تتعرض النباتات للأذى . ومن هنا نشأت فكرة الماء القابل للاستفادة ، إذ أن أقصى كمية له تنحصر في السربة الواحدة بين معامل الذبول والسعة الحقلية المتتاحة ، وهذا ما يطلق عليه سعة الاحتفاظ بالماء .

ومن الضروري الانتباه الى أن فكرة الماء القابل للاستفادة والتي تنحصر بين معامل الذبول والسعة الحقلية المتتاحة تكون صحيحة في الاراضي الجيدة . أما عند وجود أملاح في السربة ، فنحن نعمل على رفع الضغط الأسموزي للمحلول الارضي وبصبح امتصاص الماء من قبل جذر النبات صعباً ، ويتوقف مقدار ارتفاع الضغط الأسموزي على تركيز الاملاح في التربة إذ يزداد بزيادتها ، أي أن الاملاح تعمل على الاقلال من كمية الماء القابل للاستفادة وذلك برفع الحد الأدنى له لدرجة أعلى من معامل الذبول ، إذ من الضروري أن تكون القدرة الامتصاصية للجذر تساوي أو تزيد عن الجذب المتبادل بين التربة والماء مضافاً اليه الضغط الأسموزي للمحلول الارضي وهذا ما يعرف باسم الجهد الرطوبي الكلي Total moisture stress وهذا الأمر كبير الأهمية في الاراضي المالحة إذ قد تشير القياسات الى وجود رطوبة كافية ، اي أعلى من

جدول (١٢) النسبة الثوية للرطوبة عند مامل الذبول والسمة الحقلية المتادة لأراضي مختلفة القوام من حوض البليخ في الرقة (زين السابدين - سفاف)

التحليل البيوكاني				
طين	سات	رمل	السمة الحقلية	مامل الذبول
%	%	%	%	%
٩	١٤١١	٧٦١٩	١٧١٣٥	٥١٣٥
٢٠١٦	١٢١٢	٦٧١٢	٢٢١٧٥	٧١٥٤
٢٢١٨	١٥١٦	٦١١٦	٢٥١٥١	٨١١٣
١٨١١	٣٥١٠	٤٦١٩	٢٧١١١	١٠١٠٥
٣٤	٣٧١٣	٢٨١٧	٣٧١٠٥	١٥١١٨
٣٦١٤	٣٨١٦	٢٥١٠	٣٦١١٧	٢٠١٥٩
٤٧١٠	٤٨١٠	٥١٠	٤١١٧٥	٢٣١٥٦
٣٧١٥٠	٤٨١٢	١٤١٣	٣٩١٤٢	٢٤١٠٥

معامل الذبول ، وبالرغم من ذلك قد يذبل النبات ، وهذا يرجع الى الضغط الاسموزي المرتفع للمحلول الارضي .

٦ - نقطة الالتصاق Sticky point : إذا اخذت عينة تربة وأضيف إليها ماء بالتدريج ومزجت جيداً حتى تماسك وتلتصق التصاقاً تاماً بحيث لا تترك أثراً على اليد أو على جدران الاناء المعجونة به ، فالحالة التي تصبح عندها التربة في صورة عجينة لينة متماسكة يمكن تشكيلها دون أن تتسخ اليد تعرف بنقطة الالتصاق .

وتحدد تلك النقطة بتقدير النسبة المئوية للرطوبة على اساس الوزن الجاف عندما نصل حال التربة الى ما وصف سابقاً ، ووجد أن هناك ارتباطاً بين نقطة الالتصاق ونسبة الطين . إذ أن الرطوبة عند نقطة الالتصاق تزداد بازدياد الطين والمواد الغروية في الارض . وبين ذلك المعادلة الآتية :

$$\text{نقطة الالتصاق} = \% \text{ للطين} \times 0.096 + 0.6660$$

كما أن هناك علاقة بين نسبة الرطوبة عند نقطة الالتصاق والمكافئ الرطوبي توضح بالآتي :

نسبة الرطوبة عند نقطة الالتصاق = المكافئ الرطوبي لنفس التربة + ١٠٪ من المكافئ الرطوبي .

الطرق الحسابية لتقدير الماء في التربة :

١ - التقدير على اساس الوزن : ويتم بقسمة كمية الماء الموجودة في التربة على وزن التربة :

٢ - التقدير على اساس الوزن المبتلى ، ونحسب كالآتي :

$$\text{النسبة المئوية للرطوبة في التربة} = \frac{\text{كمية الماء}}{\text{وزن التربة}} \times 100$$

ب - التقدير على اساس الوزن الجاف ، وفيه :

$$\text{النسبة المئوية للرطوبة في التربة} = \frac{\text{كمية الماء}}{\text{وزن التربة الجافة}} \times 100$$

وتقدير نسبة الرطوبة على اساس الوزن المبتلى غير مرغوب فيه ، وإنشأ بحري التقدير على اساس وزن التربة الجافة تماماً . ويرجع السبب في ذلك الى أن نسبة الرطوبة في التربة (أي الوزن المبتلى) رقم غير ثابت بل يتغير بتغير الرطوبة ، ومن الضروري أن يجري القياس على أساس ثابت دائماً ولذلك يختار الوزن الجاف تماماً . والمثال التالي يوضح طريقة الحساب ، فلو أخذ ١٠٠ غ تربة جافة تماماً وأضيفت لها ٣٠ غ ماء لأصبح الوزن المبتلى للتربة ١٣٠ غ وتكون النسبة المئوية للرطوبة عند ذلك :

$$\text{على أساس الوزن المبتل} \quad \frac{30}{130} \times 100 = 23.08 \%$$

أي أن كل ١٠٠ غ تربة رطبة تحوي ٢٣.٠٨ غ رطوبة و ٧٦.٩٢ غ تربة جافة

$$\text{أما على أساس الوزن الجاف} \quad \frac{30}{100} \times 100 = 30 \%$$

أي أن كل ١٣٠ غ تربة رطبة تحوي ٣٠ غ ماء و ١٠٠ غ تربة جافة .

وفائدة النسبة إلى أساس ثابت (وهو التربة الجافة) يبدو أكثر أهمية عند مقارنة أي مكون من مكونات التربة بين ارضين فإن ٣٠٪ طين في أرض ما بنسبة رطوبة ٤٠٪ تختلف تماماً عن ٣٠٪ طين في أرض بها نسبة رطوبة ٢٠٪ وذلك فيما إذا كان الحساب على أساس الوزن المبتل ، بينما يكون محتوى الارضين من الطين واحداً فيما لو كان الحساب على أساس الوزن الجاف .

٢ - التقدير على أساس الحجم الظاهري للتربة : ونحسب كالتالي :

$$\text{النسبة المئوية للرطوبة على أساس الحجم} = \frac{\text{حجم الماء}}{\text{الحجم الظاهري للتربة}} \times 100$$

$$\text{النسبة المئوية للرطوبة على أساس الوزن الجاف} = \frac{\text{ك الماء}}{\text{ك تربة جافة}} \times 100$$

$$= \frac{\text{ح ماء} \times \text{كثافته}}{\text{ح تربة ظاهري} \times \text{ث ظ}} \times 100$$

نظراً لأن الكتلة = الحجم × الكثافة ، حيث أن ح ماء هو حجم الماء و ح تربة ظاهري هو الحجم الظاهري للتربة .

فاذا رمزنا للنسبة المئوية للرطوبة على أساس الوزن الجاف بالحرف (و) وعوضنا في المعادلة السابقة تصبح :

$$\text{و} = \text{نسبة الرطوبة على أساس الحجم} \times \frac{\text{ث ماء}}{\text{ث ظ}}$$

ولما كانت كثافة الماء تساوي تقريباً ١ غ/سم^٣ تصبح المعادلة :

$$\text{نسبة الرطوبة على أساس الحجم الظاهري} = \text{و} \cdot \text{ث ظ} = \frac{\text{ح ماء}}{\text{ح ظ}} \times 100$$

أي لايجاد الرطوبة على اساس الحجم تضرب الكثافة الظاهرية بالنسبة المئوية للرطوبة على اساس الوزن .

ويستفاد من المعادلة السابقة في اعمال الري وذلك بحساب كمية الماء الواجب اعطاؤها لأرض ما عند الري بمعرفة الكثافة الظاهرية للتربة ، وكذلك بمعرفة النسبة المئوية للرطوبة على اساس الوزن الواجب اضافتها للتربة .

ولما كانت الرطوبة في الارض المنزرعة يجب ألا تقل عن معامل الذبول ، كما أنه يستحسن ألا تزيد كمية الرطوبة في الارض عن السعة الحقلية . لذا يمكن حساب النسبة المئوية للرطوبة الواجب اضافتها للارض المنزرعة بين المجالين : السعة الحقلية ومعامل الذبول

$$\text{وعباً أن} \quad \frac{\text{ح ماء}}{\text{ح ظ}} = \frac{١٤}{٢٤}$$

(١٤ ، ٢٤ سمك طبقة الماء والتربة لأن الحجم عبارة عن وحدة المساحة \times الارتفاع) .

ولما كان $\frac{\text{ح ماء}}{\text{ح ظ}} \times ١٠٠ = \text{و} \times \text{ث ظ}$ وبالتعويض بـ ١٤ و ٢٤ تصبح المعادلة :

$$\frac{١٤ \text{ للماء}}{٢٤ \text{ للتربة}} = \frac{\text{و}}{١٠٠} \times \text{ث ظ} \quad \text{ومنه :}$$

$$\text{ع الماء} = \text{ع للتربة} \times \frac{\text{و}}{١٠٠} \times \text{ث ظ}$$

أي أن سمك الماء الواجب اضافته للتربة يساوي الى حاصل جداء سمك التربة (ويقصد به بحال انتشار الجذور) والنسبة المئوية للرطوبة الواجب اضافتها (وهي الفرق بين السعة الحقلية المعتادة ومعامل الذبول) وكذلك الكثافة الظاهرية للتربة .

تمرين (١) :

إذا كانت الكثافة الظاهرية لتربة ما هي ١،١٥ ، ١،٢١ ، ١،٢٥ غ/سم^٣ للطبقات :. - ١٥ سم ، ١٥ - ٢٥ سم ، ٢٥ - ١٠٠ سم . ويراد رفع نسبة الرطوبة فيها بمقدار ١٥٪ ، ١٧٪ ، ١٩،٥٪ للطبقات الثلاث على الترتيب احسب سمك طبقة الماء اللازم اضافتها :

الحل :

$$ع\text{ الماء} = ع\text{ لتربة} \times \frac{9}{100} \times 10 \text{ ث ظ}$$

$$\therefore ع\text{ الماء للطبقة الاولى} = 10 \times \frac{1012}{100} \times 10 = 2262 \text{ سم}$$

$$ع\text{ الماء للطبقة المتوسطة} = (10 - 20) \times \frac{17}{100} \times 1021 = 2105 \text{ سم}$$

$$ع\text{ الماء للطبقة الثالثة} = (20 - 100) \times \frac{1915}{100} \times 1025 = 18128 \text{ سم}$$

$$ع\text{ الماء الكلي} = 2262 + 2105 + 18128 = 22995 \text{ سم}$$

وبمعرفة المساحة يمكن حساب حجم الماء وبالتالي كمية الماء الواجب إضافتها .

تمرين (٢) :

وجد بالتجربة ان جذور بعض النباتات الفمالة في امتصاص الماء تمتد لعمق ٢ مـ . فماذا كانت لديك المعلومات الآتية :

$$أ - المكافئ الرطوبي (من صفر - عمق ٥٠ سم) = 0.1012$$

$$ب - المكافئ الرطوبي (من عمق ٥٠ - ١٠٠ سم) = 0.20$$

$$ج - المكافئ الرطوبي (من ١٠٠ - ٢٠٠ سم) = 0.18$$

وان متوسط معامل الذبول لهذه الطبقات كما يلي :

$$\text{الطبقة أ} = 0.7$$

$$\text{الطبقة ب} = 0.10$$

$$\text{الطبقة ج} = 0.05$$

وان الكثافة الظاهرية للطبقات الثلاث على الترتيب هي ١٠٢٥ ، ١٠٢ ، ١٠٢٥ غ/سم^٣ .

فلو وصلت نسبة الرطوبة في التربة الى معامل الذبول فما هو عمق الماء بالسم اللازم اضافته بالري

حتى تصل نسبة الرطوبة في هذه التربة الى سعتها المائية المعتادة حتى عمق (٢) م .

الحل :

نسبة الرطوبة اللازمة لتوصيلها من معامل الذبول حتى السعة الحقلية المعتادة :

$$\text{الطبقة آ} = ١٥٦٢ - ٧ = ٠.٨٦٢$$

$$\text{الطبقة ب} = ٢٠ - ١٠ = ٠.١٠$$

$$\text{الطبقة ج} = ١٨ - ٥٦٥ = ٠.١٢٦٥$$

$$\text{.. ع للماء} = \text{ع ٢ التربة} \times \frac{\text{نسبة الرطوبة}}{١٠٠} \times \text{ث ظ}$$

$$\text{.. عمق الماء الواجب اضافته للطبقة آ} = ٥٠ \times \frac{٨٦٢}{١٠٠} \times ١١١٥ = ٤٦٧٢ \text{ سم}$$

$$\text{.. عمق الماء الواجب اضافته للطبقة ب} = ٥٠ \times \frac{١٠}{١٠٠} \times ١١٢٠ = ٦ \text{ سم}$$

$$\text{.. عمق الماء الواجب اضافته للطبقة ج} = ١٠٠ \times \frac{١٢٦٥}{١٠٠} \times ١١٢٥ = ١٥٦٦٣ \text{ سم}$$

.. مجموع العمق الواجب اضافته من الماء في الطبقات الثلاث :

$$= ٤٦٧٢ + ٦ + ١٥٦٦٣ = ٢٦٣٤١ \text{ سم}$$

تمرين (٣) :

إذا كانت لديك المعلومات الآتية عن ارض ما :

المكافئ الرطوبي = ٠.٢٠ ، معامل الذبول = ٠.٦ ، الكثافة الظاهرية = ١.٢ غ/سم^٣ ،
نسبة التبخر والنتح (Evapo-Transpiration ratio) = ٩٠٠ (معنى ذلك انه يلزم لاشجار ١ كغ
مادة جافة ٩٠٠ كغ ماء) .

كم عدد الريات التي يحتاجها حقل مساحته دونم واحد مزروع فصة إذا أريد أخذ ٨ حشات منه
وترن كل حشة حوالي ٢٥٠ كغ مادة جافة .

ما عمق كل رية حتى تعطي ماء كافياً للحصول ، إذا علمت أن جذور البرسيم تمتد
لعمق ١٥٥ متر .

الحل :

نسبة الماء اللازمة حتى ترفع الرطوبة للسمعة الحقلية المعتادة : $٢٠ - ٦ = ١٤ \%$

$$١٤ = ٢٤ \times \frac{و}{١٠٠} \times ث ظ$$

$$\text{عمق الماء اللازم لرية واحدة} = ١٦٥ \times \frac{١٤}{١٠٠} \times ١٦٢ = ٣٠٦٢٥٢ م$$

∴ حجم الماء اللازم لرية واحدة للحقل $= ٣٠٦٢٥٢ \times ٠٠٠ = ٣٠٦٢٥٢ م^٣$

∴ وزن الماء اللازم لكل رية $= ٢٥٢ \times ١٠٠٠ = ٢٥٢٠٠٠ كغ$

وزن المشات $= ٨ \times ٢٥٠ = ٢٠٠٠ كغ$ وزن الفعنة الجاف .

كمية الماء اللازمة لإنتاج هذا المحصول $= ٢٠٠٠ \times ٩٠٠ = ١٨٠٠٠٠٠ كغ$ ماء .

$$\text{∴ عدد الريات} = \frac{١٨٠٠٠٠٠}{٢٥٢٠٠٠} = ٧ \text{ ريات تقريباً.}$$

حركة الماء الأرضي

يتحرك الماء خلال مسام التربة على صورتين سائل وبخار ، والعوامل المسؤولة عن حركة الماء السائل هي نتيجة الجاذبية والخاصة الشعرية تحت تأثير الجذب السطحي كما ذكر سابقاً . أما العوامل المسؤولة عن حركة الماء وهو في صورة بخار فهي الاختلافات في الضغط البخاري ، إذ يكون اتجاه الحركة من أماكن الضغط البخاري المرتفع إلى أماكن الضغط البخاري الأقل ارتفاعاً .

أولاً - حركة الماء السائل :

يلاحظ في حركة الماء السائل أن هناك نوعان منه : الأول وهو حركة الماء عندما تكون الأرض مشبعة بالماء ويطلق عليه الرشح . والثاني هو حركة الماء عندما تكون التربة غير مشبعة بالرطوبة .

١ - حركة الماء في الأراضي المشبعة (الرشح) ..

ويحدث هذا النوع من الحركة عندما يضاف الماء إلى الأرض سواء من المطر أو بالري ، فإنه يخترق السطح ويحل الهواء ، فإذا زاد الماء عن ذلك فإنه يتحرك إلى أسفل تحت تأثير الجاذبية الأرضية والخاصة الشعرية . وتستمر الحركة إلى أسفل ما دامت هناك كمادات كافية من الرطوبة

ولم تفترضها عوائق ما كوجود طبقة صماء وما شابه ذلك ، ويطلق على حركة الماء الى أسفل عند ذلك حركة الماء في الصورة المشبعة أي أن جميع المسام تكون مملوءة بالماء وتتوقف كمية الماء التي تتحرك داخل القطاع على عدة عوامل منها :

- ١ (كمية الماء المضافة .
- ٢ (قدرة سطح التربة على الرشح .
- ٣ (مجموع التوصيل الرطوبي للطبقات العميقة .
- ٤ (كمية الماء التي تحتفظ بها التربة عند السعة الحقلية .

ويتدخل في العوامل الثلاثة الأخيرة كل من البناء وقوام الأرض لكل طبقة في القطاع . فالأراضي الرملية ذات قدرة مرتفعة على الرشح ودرجات توصيل رطوبي مرتفعة ، كما أن قدرتها على مسك الماء منخفضة ، على عكس الأراضي الطينية ، الناعمة الحبيبات ، حيث أن سرعة الرشح منخفضة ، إذ أن حبيبات الفضار الفروية تنتفخ عندما تمتص الماء ولذلك تفاق المسام الدقيقة الموجودة بين الحبيبات فتعيق الرشح ، ولذلك كان من الضروري تشجيع البناء الجيد (النحبيب) بالمادة العضوية مثلاً .

ويلاحظ في الأراضي الطينية أن رشح الماء فيها في بدء عملية الري يكون كبيراً ثم يتناقص فجأة ، ويكون الأمر أكثر وضوحاً إذا كان المحتوى الطيني من مجموعة المونتموريلونيت حيث تتشقق الأرض عند الجفاف بشدة فيسيل الماء بسرعة خلال الشقوق في بدء الري وبعد ذلك تنتفخ حبيبات الطين وتضيق المسام فيبطئ رشح الماء وتنخفض السرعة الى الحد الأدنى . وفي الأراضي الطينية متدهورة البناء كالأراضي القلوية الصودية حيث يكون الطين متفرقاً تفقد الأرض قدرتها على رشح الماء ولذلك تبدو مسهقة مظهراً إذا لم يتغير من بنائها وذلك بالتخلص من الصوديوم الزائد . كذلك يلاحظ أثناء تحضير الأرض للزراعة ، أنه يصعب إجراء عملية الخدمة في الأراضي الطينية إلا بعد مرور وقت طويل على الري أو المطر الغزير حيث تبقى الأرض لزجة وغير مستحثة فترة طويلة نظراً لبطء الرشح في مثل هذه الأراضي . وغالباً تعيق هذه الحالة الزراعة الصيفية المبكرة في الأراضي الطينية في المناطق عالية الأمطار .

وتحرك الماء في الصورة المشبعة للتربة ، يمكن التعبير عنه بمعادلة رياضية نقيس كمية الماء التي تتحرك داخل التربة وهذه المعادلة :

$$C = Q \cdot Z$$

حيث أن : C = حجم الماء الراشح في تربة معينة .

Z = معامل النفاذية أو معامل التوصيل المائي .

Q = القوة الدافعة (أو الحركة) للماء . وهذه القوة هي محصلة الجهد الكلي الناتج عن

بمجموعة العوامل الآتية :

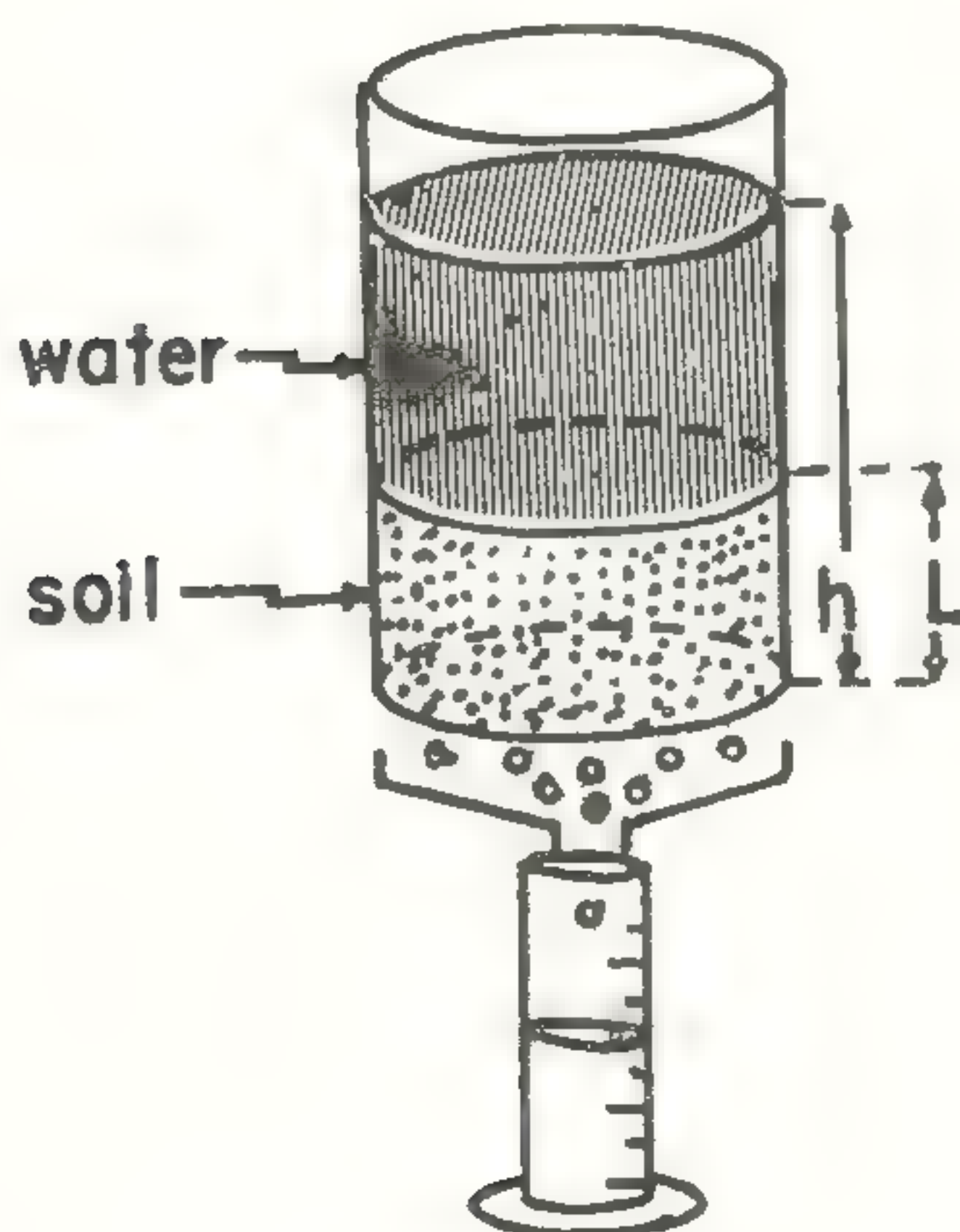
- ١ — الجذب السطحي للماء وبنأثر بدرجة الحرارة وكية ونوع الاملاح الذائبة فيه .
- ٢ — الجاذبية الارضية .
- ٣ — الضغط الهيدروستاتيكي الناشئ عن ظروف التشبع بالماء .

ويطلق اسم انحدار الشد على حركة الماء من مناطق الشد المنخفض الى مناطق الشد المرتفع .
واقدر وجد أن حركة الماء من المكان الرطب الى المكان الاقل رطوبة يكون شديداً وسريعاً في الارض
الواحدة عندما تكون الرطوبة مرتفعة ، وعندما تنقص الرطوبة فان حركة الماء من المكان الرطب الى
الاقل رطوبة يبدو أقل وضوحاً وتكون كمية الماء المتحركة قليلة .

أما معامل النفاذية Coefficient of Permeability ويطلق عليه احياناً اسم التوصيل المائي
Hydraulic Conductivity فيعرف بأنه عبارة عن معدل مرور الماء خلال منطقة مسامية من التربة
مساحتها وحدة المساحات متأثرة بوحدة الضغط في وحدة الزمن عند درجة ٦٠ فهرنهايت أو ١٥٥°م .

وتقاس النفاذية مخبرياً بواسطة أجهزة خاصة تسمى Permeameter . ويمكن توضيح مفهوم النفاذية
بالاستعانة بالشكل (٢٣) . وفيه يقاس تدفق الماء بواسطة العلاقة :

$$Q \propto \frac{A t h}{L}$$



شكل (٢٣) رسم تخطيطي لجهاز قياس النفاذية

حيث Q - تدفق الماء ، سم^٣ .

h - ارتفاع الماء ، سم .

L - طول عمود التربة ، سم .

t - الزمن ، ثا .

A - مساحة المقطع ، سم^٢ .

ولقد وجد أن معادلة التدفق هذه يمكن أن تتحول إلى مساواة وذلك عند استعمل عامل يطلق عليه اسم معامل النفاذية K . وتصبح العلاقة السابقة بما يدعى معادلة دارسي Darcy's law وهي كالتالي:

$$Q = \frac{K \cdot A \cdot t \cdot h}{L}$$

وتقدر K بوحدة سم/ثا وهو ما يوافق وحدات السرعة ، وواضح من المعادلة أن كمية الماء الراشحة تتناسب طردياً مع سطح التربة والتوصيل المائي والفرق في الارتفاع الهيدروإيكي كما تتناسب عكساً مع سمك التربة .

وتتأثر النفاذية بعدة عوامل منها : التركيب الكيماوي للجزء المعدني من التربة ، والتركيب الكيماوي للتربة ، وأيضاً اختلاف البناء الأرضي وكذلك قوام الأرض ، وسمك الأغشية المائية حول حبيبات التربة ، ونشاط البكتريا ، ووجود الهواء ، وتأثير وجود الهواء المحبوس في التربة . ففي ظروف تشبع الأرض بالماء يكون جذب التربة للماء منخفض جداً ولذلك يزداد التوصيل المائي ويصبح مرتبط فقط بحجم المسام . فالتوصيل المائي للأراضي الرملية عند ظروف التشبع أعلى من التوصيل المائي للأراضي الطينية .

وقبل الانتهاء من هذه الفقرة لا بد من الإشارة إلى أن الكلام السابق ينطبق على الأراضي المتجانسة في قوامها وبنائها . وفي ظروف الحقل فغالب أن تكون الأرض مكونة من طبقات تتفاوت في تركيبها الفيزيائي ، فوجود طبقات صماء من الطين غير المنفذ ، أو الطمي ، أو طبقات من الرمل رقيقة فجسيمها تعمل على عاقبة رشح الماء إلى أسفل ، أي أن تغيير البناء الطبقي في التربة يعطل من سرعة التوصيل المائي .

٢ - حركة الماء في الأراضي غير المشبعة بالماء :

وهذا النوع الثاني من حركة الماء السائل يبدأ عندما تكون الرطوبة في الأرض أقل من السعة الحقلية للمادة . وأساس حركة هذا النوع من الماء هو الخاصية الشعرية .

وليس من الضروري أن تكون الحركة وفق الخاصية الشعرية من أسفل إلى أعلى ، ولكن الماء يمكن أن يتحرك في جميع الاتجاهات إذ يتحرك الماء من المناطق ذات الشد المنخفض (أي عالية

الرطوبة) الى المناطق ذات الشد المرتفع (أي منخفضة الرطوبة) ، ويلاحظ أن اتجاه الحركة المائي يكون عبارة عن محصلة جميع القوى التي يتأثر بها الماء فقد يكون الى أسفل أو الى أعلى أو جانبياً . والحقيقة فانه من النادر الوصول الى التوازن الشعري في الأراضي نظراً لما لها من طبيعة ديناميكية متغيرة . إذ أن امتصاص النباتات للماء من مناطق محددة حول جذورها ، وكذلك تبخر الماء من سطح الأرض خصوصاً في المناطق الجافة الحارة ، كل ذلك يؤثر في عدم الحصول على التوازن الشعري في التربة .

ثانياً - حركة الماء في التربة بصورة بخار :

يتحرك الماء على صورة بخار في الأرض ، في صورتين : داخلي ، أي ان الانتقال يتم من مكان لآخر داخل التربة . وخارجي وفيه يكون الانتقال إما من الجو الى التربة أو العكس .

ويلاحظ أن انتقال البخار داخل التربة ينشأ عموماً من الاختلاف في ضغط البخار ، إذ ينتقل البخار من المكان ذات الضغط العالي الى المكان ذات الضغط المنخفض فإذا كانت الرطوبة في التربة في حدود العامل الايجروسكوبي لها أو أعلى من ذلك ، فإن الرطوبة النسبية في الهواء الأرضي تكون ١٠٠٪ تقريباً ، فإذا تغيرت درجة حرارة التربة على الأعماق المختلفة ، فإن بخار الماء يتحرك تبعاً لذلك ، ويكون اتجاه الحركة من المكان الدافئ الى المكان البارد .

فإذا سخن سطح التربة ، وهذا يحدث عندما يكون الجو حاراً ، وتبع ذلك موجة من البرد ، فإن السطح يبرد سريعاً . وتكون النتيجة أن كمية من بخار الماء تتحرك من الطبقة السفلى التي ما زالت ساخنة الى الطبقة العليا ويتكاثف فيها ، كما أن بعض الماء قد يتكاثف على سطح التربة في الهواء الجوي الحار ذات الرطوبة العالية .

أما الفقد في بخار الماء من الأراضي فيتم عن طريقين :

١ - تبخر الماء من سطح الأرض مباشرة .

٢ - التمع من سطوح الاوراق .

وبمجموع الفاقد من هاتين المملتين يسمى Evapo-transpiration وهو يشكل الجزء المهم والاكبر من الماء الفاقد من الأرض تحت الظروف الطبيعية . وفي أراضي المناطق الجافة ، يتسبب هذان العاملان في فقد ٧٥ - ١٠٠ سم من الماء خلال موسم النمو .

ومن الضروري المحافظة على المحتوى الرطوبي للأرض ، وذلك بتقليل الفاقد منه عن طريق التبخر من سطح الأرض ، وذلك لاتاحة الفرصة للنبات المزروع الاستفادة من الرطوبة المحدودة المتوفرة في التربة خصوصاً في الزراعات البعلية . ويستعمل لهذا الغرض أغذية خاصة تسمى Mulches ، والغرض الرئيسي منها هو منع فقدان الماء بالتبخر ، أو الحد من نمو الحشائش . وهذه الأغذية قد تكون مواد غريبة

عن الارض مثل نشارة الخشب أو الأسمدة العضوية أو القش أو أوراق الاشجار أو غيرها . وبالرغم من أن هذه الأغذية ذات كفاية عالية في الحد من التبخر وفي منع نمو الحشائش إلا أنها لا تستعمل في حالة محاصيل الحقل بل في حالة أشجار الفاكهة ، نظراً لعمليات الخدمة المستمرة التي تحتاج اليها محاصيل الحقل . وتستعمل أحياناً أغذية خاصة من الورق أو البلاستيك ، حيث تنشر بين صفوف النباتات أو فوق النباتات ، وفي هذه الحالة تنمو النباتات خيلاً فتحات مناسبة في الأغذية . ولقد استعملت هذه الطريقة بنجاح في زراعة الأناناس ، إلا أن استعمالها في حالة المحاصيل فقير عملي نظراً لتكاليف العالية عند استخدامها .

كما تستعمل نفايات المحصول السابق في الأرض كأحد مواد التغطية مثل الشوفان وقش الذرة وعيدانها . ويستخدم في ذلك آلات خدمة خاصة تحضر مهد البذرة الملائم دون اتلاف المواد المتبقية على السطح والتي ستقوم بدور الغطاء للأرض .

ويعمل البعض على تقليل الفاقد من الماء بالتبخر بتفكيك سطح التربة وذلك بمزقها لعمق ٣ بوصة مثلاً ، حيث أن ذلك يضاعف من حركة توصيل الماء وذلك بتقليل نقط التلامس بين السطح وبين حبيبات الطبقة السفلى فتضاعف حركة الماء إلى أعلى ، وبالتالي يقل ضياع الماء بالتبخر من السطح ويمتدح البعض على هذه العملية بأنه ليس من الضروري أن يعمل تفكيك سطح التربة على حفظ الرطوبة ، بل بالعكس قد يشجع هذا فقدان الرطوبة في بعض الحالات . ويرجعون السبب في ذلك إلى أن كمية كبيرة من الرطوبة تفقد عادة بالتبخر قبل أن تحجب التربة إلى درجة تسمح بإجراء عملية الخدمة فيها . كما أن إجراء عملية الخدمة (المزيق) تؤدي إلى تلف كمية من الجذور الكثيفة نسبياً ، والمنتشرة في حيز كبير والتي قد تعترض طريق الرطوبة المتحركة إلى أعلى ، يذكرون أن المغالة في عمليات الخدمة سترفع من التكاليف كما أن التلف الذي سيمصيب الجذور كل ذلك يجعل الفقد في الماء أقل خطراً . ويضيفون إلى ذلك ، أن في كثير من الحالات ، نتيجة لفقد الماء من سطح الأرض تنشأ طبقة سطحية رقيقة واقية قد تفيد بمحد ذاتها في تقليل التبخر ، وأن عمليات الخدمة ستحطم هذه الطبقة . والنبات كـكائن حي يتأقلم مع الظروف المحيطة به ، ففي مناطق الزراعة البعلية تمتد جذور النبات إلى الأعماق باحثاً عن الرطوبة كما يزداد تفرعها ، وهذا المجموع الجذري الكبير يعمق من صعود الماء إلى أعلى حيث تمتد جذور المنتشرة .

ويقترح البعض إجراء عملية التبور الصيفي للمحافظة على الرطوبة للعام التالي ، حيث يترك جزء من الأرض بدون زراعة والمهدف منه تخزين الرطوبة من العام الحالي إلى العام التالي . وتختلف أهمية هذا الاقتراح كثيراً تبعاً لكمية الأمطار . وتشير الدراسات المتعلقة في المناطق الرطبة أن تأثير التبور

عديم الأهمية ، أما في المناطق نصف الجافة فهو لا يزال مثار نقاش وجدل . إذ أدت عممية التبوير الى زيادة المحصول في العام التالي . ولكن الاستفسار القائم هل الزيادة الناشئة من تبوير الارض سنة كاملة تعطي اقتصادياً الدخل الناتج من زراعتها سنوياً أم أقل من ذلك . ويبقى هذا الاستفسار قائماً حتى تحرى دراسة تجريبية على ذلك تدعم بدراسة اقتصادية ، وعلى العموم من الضروري التوصية بوجوب عدم ترك الحشائش تنمو في الارض أثناء فترة التبوير .



الفصل التاسع

الهواء الارضي

علمنا مما سبق أن أهم محتويات التربة الجزء الغازي منها وهو ما يسمى بالهواء الأرضي وهو إما أن يوجد في التربة على حالة غازية حرة أو ذائباً في الماء الأرضي .

ويتركب الهواء الأرضي من نفس الغازات التي يتركب منها الهواء الجوي تقريباً ، ولكن يختلف عنه باحتوائه على نسب أعلى من ثاني أكسيد الكربون ، ونسب أقل من الاوكسجين ، وأنه مشبع ببخار الماء إلا في الأراضي الجافة .

وتتسبب هذه الاختلافات نتيجة لعاملين :

- ١ - بطء تحرك الهواء الأرضي في المسافات البينية مما يمنع الاتصال الحر بينه وبين الهواء الجوي.
- ٢ - وجود الأغشية المائية المغلفة للجسيمات في حالة اتصال دائم به في التربة ، فتنتيجة لبطء تحركه في التربة وعدم اتصاله الحر السريع بالهواء الجوي ، مع وجود عمليات حيوية دائمة في التربة مثل تنفس الجذور والاحياء الأرضية نجد أن نسبة ثاني أكسيد الكربون تزداد دائماً عنها في الهواء على حساب نقص الاوكسجين . وفي حالات كثيرة ، عندما لا يكون مقدار ثاني أكسيد الكربون الناتج كثيراً ، تكون الزيادة فيه مصحوبة بنقص في الاوكسجين فقط . ونرى في الجدول رقم (١٣) مقارنة بين الهواء الجوي والهواء الأرضي .

ويمكن القول أن نسب غازي الاوكسجين وثاني أكسيد الكربون غير ثابتة ، بل تختلف تبعاً لاختلاف كمية المواد العضوية في الأرض ، وتبعاً لنشاط البكتريا في أكسدة هذه المواد . هذا ويحتوي الهواء الأرضي على عدة غازات أخرى تنتج من التفاعلات الكيماوية والحيوية الدائرة في التربة ، ففي أثناء تحول الآزوت الجوي بواسطة بكتريا التآزت يتفرد بعض النشادر في التربة . كما أن بعض التفاعلات الكيماوية التي تحصل في التربة تحت ظروف التهوية الرديئة ينتج عنها انفراد غاز الميثان أو غاز كبريتيد الايدروجين .

جدول (١٣)

تركيب الهواء الجوي والهواء الارضي في ارضين طينية ورمئية مسمدة

نوع الهواء	او كسجين	آزوت	ثاني اكسيد الكربون
هواء جوي	٠/٠٣٠٠٩٣	٠/٠٧٩٠٠٤	٠/٠٠٠٠٣
هواء ارضي (ارض طينية)	٠/٠١٩٠٩٩	٠/٠٧٩٠٣٥	٠/٠٠٠٦٦
هواء ارضي (ارض رملية بمد عشرة ايام من تسعيرها وسقوط المطر لمدة ٣ ايام)	٠/٠١٠٠٣٥	٠/٠٧٩٠٩١	٠/٠٩٠٧٤

ويلاحظ أن نشاط البكتريا والاحياء الارضية يتوقف الى حد كبير على كمية المادة العضوية الموجودة في التربة . ولذلك نجد أن نسبة ثاني اكسيد الكربون تزيد في الارض الغنية بالمادة العضوية ، خصوصاً ما كان منها في طريق التحلل .

ويبدو أن الهواء الارضي نوعان : الأول وهو الهواء الذي يشغل المسافات البينية بين الجيبات والتي يشغلها الماء عادة ، وهذا الهواء حر الحركة الى حد كبير في المسافات البينية ويكون مشبعاً ببخار الماء كما يحتوي على نسبة مرتفعة من الاوكسجين . فإذا ما سحب هذا الهواء من التربة بخلخلة الضغط الواقع عليها خرج النوع الثاني من الهواء ، وهو ما كان ذائباً في ماء التربة أو موجوداً داخل الجيبات المركبة . ويمتاز هذا النوع باحتوائه على نسبة أعلى من ثاني اكسيد الكربون من النوع الاول . ويبدو أن هذين النوعين يتحول احدهما للآخر بنسب مختلفة .

العوامل التي تؤثر في تركيب الهواء الارضي :

يتأثر تركيب الهواء الارضي بدرجة كبيرة بحجم الفراغ المسامي وكذلك مقدار التبادل الغازي ، ودرجة التفاعلات البيولوجية في الأرض . ففي الاراضي الغدقة وسيئة الصرف يكون الفراغ المسامي مملوئاً بالماء وبذلك تكون كمية الاكسجين المتوفرة للنباتات قليلة جداً . ولقد وجد أنه عندما تنخفض نسبة الفراغ المسامي المشغول بالهواء الى حوالي ١٠ / من الحجم الكلي للتربة فإن تجديد الهواء يصبح بطيئاً جداً وتتأثر المحاصيل المنزرعة بدرجة كبيرة . ويمكن أن تجمل العوامل التي تؤثر في تركيب الهواء الارضي بالتالي :

١ - استغلال الارض : عند استغلال الارض مع اضافة الاسمدة العضوية اليها فان النشاط الحيوي يزداد ، حيث يستهلك الاكسجين بكمية كبيرة وينطلق غاز ثاني اكسيد الفحم . إذ تتنفس جذور النباتات،

كما تنشط الكائنات الدقيقة في تحليل المادة العضوية المضافة . وفي العادة يشير مقدار غاز الفحم في التربة الى مقدار النشاط الحيوي فيها ..

ومن الضرورة الاشارة الى أن نشاط الاحياء الدقيقة يرتبط ارتباطاً مباشراً بوجود الرطوبة والحرارة بدرجة مناسبة . ففي الحرارة المنخفضة يكون النشاط الحيوي منخفض جداً وبالتالي يقف اطلاق غاز الفحم ، وكذلك في الاراضي الجافة .

٢ - عمق الارض : من المتوقع أنه كلما تعمقنا في التربة أن تزداد نسبة غاز الفحم وتقل كمية الاكسجين في الهواء الارضي . ويرجع ذلك الى قلة الفراغ المسامي وكذلك الى صغر حجم المسام ، كما يرجع الى بقاء التبادل البازي عن طريق الانتشار .

ولقد وجد أن قوام الارض يؤثر في تركيب الهواء الارضي ، ففي الاراضي ثقيلة القوام يكون ازدياد غاز الفحم وتناقص الاكسجين كبيرين كلما تعمقنا في التربة ، وعلى العكس يكون معدل الازدياد والتناقص صغيرين في الاراضي الطميية والرملية .

٣ - فصول السنة : يتأثر تركيب الهواء الارضي أيضاً بتغير فصول السنة . فلقد وجد أن نسبة الاكسجين تكون مرتفعة صيفاً ومنخفضة شتاء ، وعلى عكس ذلك تكون نسبة غاز الفحم . ويمكن أن يعزى ذلك الى تأثير الرطوبة الملائمة ، إذ عندما تكون الارض جافة يتوقف نشاط الاحياء الدقيقة والاحياء الاخرى وبذلك يقل استهلاك الاكسجين وطرح غاز الفحم وهذه صفة الاراضي غير المنزرعة في المناطق الجافة صيفاً، أما في الاراضي المنزرعة فإن الرطوبة الملائمة تشجع نشاط الاحياء في التربة ويتأثر ذلك بدرجة الحرارة ، ولذلك يكون نشاط الاحياء الدقيقة صيفاً مرتفعاً ولذلك فالفروض أن تكون كمية غاز الفحم في الهواء الارضي عالية ، إلا أن سرعة التبادل الغازي صيفاً وكذلك قلة ذوبان غاز الفحم في الماء في الحرارة المرتفعة صيفاً يجعل الفرصة مهيئة بدرجة أكبر الى انتشاره للجو مباشرة .

مقدار الهواء الارضي :

تختلف نسبة الهواء في الارض على حسب الظروف . فيبلغ الهواء اكبر نسبة له متى كانت الارض جافة تماماً ، وفي هذه الحالة تبلغ نسبة الهواء نسبة الفراغ الجوي . وتندم نسبة الهواء تقريباً متى تشبعت الارض بالماء أي إذا زاد الماء طرد الهواء ، وإذا قل الماء عاد الهواء وهذا مايسمى بالميزان المائي الهوائي في التربة Air-water balance .

ويقدر الهواء في التربة بمعرفة الفرق بين المسافات البينية للتربة حجماً وبين مقدار الرطوبة الكلية حجماً فيها .

أي أن نسبة حجم الهواء = $\frac{\text{نسبة الفراغ الكلي حجماً}}{\text{نسبة الماء حجماً}}$.
= $\frac{\text{نسبة الفراغ الكلي حجماً}}{\text{نسبة الماء وزناً} \times \text{ث ظ}}$

وواضح من هذه المعادلة أن العوامل التي تؤدي الى زيادة الفراغ المسامي الكلي في التربة تؤدي بالتالي الى زيادة السعة الهوائية للارض ، فقوم الارض وبساؤها وكذلك عمليات الخدمة والاحياء كلها تؤثر بالسعة الهوائية للارض .

التهوية Aeration :

التهوية هي عملية تجديد الهواء بالتربة ويجب أن تعمل كلما تيسر ذلك . وتعتبر الارض جيدة التهوية إذا توفرت فيها الغازات اللازمة للكائنات النامية بكميات كافية وبنسب متوافقة . ولدي تعتبر التهوية جيدة يجب أن يتوفر في الأرض صفتين : حيز كاف يحتوي على ماء ، وفرصة كافية للغازات اللازمة أن تتحرك بحرية داخل الأرض . وتعتبر العلاقات المائية من أهم الموضوعات ذات العلاقة بتهوية الأرض .

وتحدث التهوية في الأرض نتيجة لمديد من العوامل يمكن إجمالها بمجموعتين :

أولاً - تهوية نتيجة لعمليات خاصة في خدمة الأرض .

ثانياً - تهوية نتيجة العوامل الطبيعية .

أولاً - أما المجموعة الأولى الخاصة بعمليات خدمة الارض فأهمها : ما يتعلق بالري والجفاف ، وكذلك العمليات التي تغير نظام التزاحم الى نظام التفكك .

فمنذ ري الأرض وتشربها للماء ، ينطرد مقدار كبير من الهواء منها وينطلق إلى الجو ، ويحل ماء الري محله في المسافات البينية . وعندما يفقد ماء الري بالتبخر أو بامتصاص الحذور له أو برشحه الى الأعماق ، يحل محله هواء جديد من الجو .

أما تغيير نظام الحبيبات فيتم بعمليات إثارة الأرض كالحرث والعزيق وكلها تحول نظام التزاحم في التربة الى نظام التفكك ، وبذلك تزداد المسافات البينية انشاعاً فيدخل فيها الهواء كما أن هذه العمليات تساعد على اسراع التبخر من التربة ، فيحل محل الماء المفقود هواء جديد في مسافات التربة البينية ، كما أنها تسمح بوصول الهواء الى العمق الذي يصل اليه سلاح المحراث .

هذا ويقتدر تشجيع التحبيب في الأرض من وسائل الخدمة التي تؤدي الى تحسين التهوية .

ثانياً - أما العمليات التي تنتج عن الخواص الطبيعية للارض كالنشقق أو عن خواص الغازات كالانتشار الغازي ، أو عن عوامل الجو كالرياح وتنير الحرارة والضغط الجوي ، فيمكن شرحها بالتالي :

١ - النشقق والثقوب التي تحصل في التربة تسمح بسرعة مرور الهواء فيها الى الاعماق الداخلية فيها .

٢ لكل الغازات خاصة تسمى خاصة انتشار الغازات Diffusion of gases وبها تنتشر الغازات من الجهة التي يكون الضغط الجزئي Partial pressure فيها عالياً الى الجهة التي يكون الضغط الجزئي فيها صغيراً .

وتعتبر خاصة الانتشار هذه أهم العمليات الطبيعية التي تتم بها تهوية الأرض بصورة مستمرة . فمن تحليل هواء الأرض وهواء الجو ، ثبت أن نسبة الاكسجين في الأول أقل من نسبته في الثاني ، بينما تكون نسبة غاز الفحم أكبر في الأول منه في الأخير . وعلى ذلك ينتشر الاوكسجين من الهواء الجوي الى الهواء الأرضي ، كما ينتقل غاز الفحم من التربة الى الجو . وتتم دائرة الانتشار الغازي بدخول الأكسجين الى الارض وخروج غاز الفحم منها طالما أن عمليات الأكسدة والتنفس مستمرة في التربة .

ولقد قدر بكنجهم Buckingham الانتشار الغازي في التربة وحسبه وفقاً للمعادلة :

$$\text{ثابت الانتشار الغازي} \times 410 = 2642 \times \text{مربع الفراغ الجوي في ١ سم}^2$$

حيث يشير ثابت الانتشار Diffusion constant الى مقدار الغاز الذي يمر في الثانية الواحدة خلال طبقة سمكها سنتيمتراً واحداً من مساحة قدرها سنتيمتراً مربعاً واحداً

فاستناداً الى العلاقة السابقة ، يمكن حساب سرعة الانتشار الغازي الذي يحصل من متر مربع من سطح ارض ، فراغها الجوي ٤٠٪ في يوم واحد لنتج المقدار الآتي :

$$3367 \text{ لترات} = \frac{2100 \times 24 \times 60 \times 60}{1000} \times \frac{240 \times 2642}{2100 \times 410}$$

أي أن المتر المربع من هذه الأرض يسمح بخروج نحو ٣٤ لترات في اليوم غاز الفحم الى الهواء الجوي ، كما يسمح بدخول نفس الحجم من الاكسجين الى التربة . وهذه مقادير كبيرة في الواقع ، تبين لى أي مدى تؤثر هذه الخاصية في تهوية الأرض .

ومن الضروري الإشارة الى ان الفراغ المسامي يقصد به الفراغ غير المشغول بالماء . وبالرغم من أن الأرض الطينية ذات فراغ كلي أعلى مما هو في الأرض الرملية ، إلا أن صغر حجم المسام من جهة كذلك زيادة قدرة الأرض الطينية على الاحتفاظ بالماء . من جهة ثانية يحدان من عملية الانتشار الغازي ظروف الحقل الطبيعية .

٣ - الرياح : عندما تصطدم الرياح بالتبوءات الموجودة على سطح الأرض تزيد الضغط على الناحية واجهة لهبوب الرياح ، كما تخلخله في الجهة المقابلة ، وبذلك يسري تيار بعليء في داخل مسام هذه تبوءات من جهة الضغط العالي الى الضغط الواطي .

أما في حالة التربة مستوية السطح ، فعند مرور الرياح عليها فإنها تخلخل الهواء في مسافات السطح

البينية وتسحب معها جزء من هواء التربة ، وعند وقوف الرياح يعود هواء آخر ليعادل الضغط في هذه المسافات البينية .

٤ - تغير درجة حرارة هواء التربة : من المعروف ان درجة حرارة التربة تتغير يومياً تبعاً لساعات النهار فتصل الى نهايتها العظمى على السطح عند الساعة الثانية بعد الظهر تقريباً وتصل نهايتها الصغرى عند الفجر . ويكون الفرق بين الليل والنهار كبيراً خصوصاً في المناطق ذات المناخ القاري .

هذا التغير في درجة الحرارة وما يتبعه من تمدد الهواء ثم انكماشه يدعو الى حركة مستمرة فيه فاذا زادت الحرارة تمدد وقلت كثافته وخرج من الارض ، وعند انخفاض الحرارة ينكش فيثقل ويعود اليها فاذا حسبنا ان معامل تمدد الغازات $273/1$ من حجمها لكل درجة حرارة مئوية ، على ذلك فمقدار الهواء الموجود في التربة في طبقة سمكها ١٠ سم ومساحتها متراً مربعاً ، إذا كانت نسبة المسافات البينية لها ٤٠٪ تساوي :

$$٤٠ \text{ لتر} = \frac{٤٠}{١٠٠} \times \frac{٢١٠٠ \times ١٠}{١٠٠٠}$$

فاذا ارتفعت حرارة هذا الهواء بمقدار درجة واحدة ، كان مقدار ما ينطرد منه خارج المسافات البينية نتيجة للتمدد يساوي $273/٤٠$ أي ٠.١٤٦ ليتراً . فاذا كان الارتفاع ٢٠ م وهو ارتفاع عادي خصوصاً في الطبقات السطحية للتربة كان مقدار الهواء المنطرد بسبب التمدد $٢٠ \times ٠.١٤٦ = ٢.٩٢$ ليتراً.

الفصل العاشر

حرارة الارض

SOIL TEMPERATURE

درجة حرارة التربة ذات تأثير هام في سير التفاعلات الكيماوية ونشاط العمليات الحيوية ، فعند درجات الحرارة غير المناسبة تقل سرعة التفاعلات الكيماوية كما قد تتوقف عمليات الانبات والنمو .

ودرجات الحرارة المناسبة للنمو تختلف باختلاف النباتات وهي تتراوح عموماً ما بين 24°C - 43°C .
واهم مصدر حرارة للتربة هو الشمس وتقدر بمقدار ١٠٩٢ كالوري (حريرة) في الدقيقة لكل cm^2 وهذه تساوي مليون حريرة لكل متر مربع واحد في الساعة الواحدة . وقد وجد Sir S. Russell أن ٠.٠٥ ٪ من هذه الطاقة تستعمل بواسطة نباتات المحاصيل .

وتصل حرارة الشمس الى التربة على هيئة موجات حرارية مختلفة الاطوال واكثرها حملاً للحرارة الموجات الطويلة وتختلف درجة قابلية هذه الاشعة الدور في طبقات الجو ، فالاشعة الطويلة مثل الاشعة تحت الحمراء اسهل من الاشعة القصيرة فوق البنفسجية ، وان الاشعة المرتدة أو المنعكسة من سطح الارض تحتوي على الاشعة ذات الموجات الطويلة ، وقد تحبس هذه الاشعة في حالة وجود السحب فلا تمر خلالها الى طبقات الجو عالياً .

ويحسن قبل أن تتناول العوامل التي تؤثر في درجة حرارة التربة ، أن نلم بخواص التربة الحرارية الثابتة ، وهي : الحرارة النوعية ، وحرارة الانبلال ، والتوصيل الحراري .

أولاً - الحرارة النوعية للتربة : Specific heat of soil

تعرف الحرارة النوعية للمادة بأنها مقدار الحرارة اللازمة لرفع حرارة غرام واحد من المادة درجة مئوية واحدة مقدرة بالسعرات (الحريرات) والسعر (الحريرة) هو مقدار الحرارة اللازم لرفع درجة غرام واحد من الماء درجة مئوية واحدة .

ولا تختلف الحرارة النوعية للتربة كثيراً بين الأراضي بعضها وبعض ويعتبر مقدار ٠.١٩٣ و ٠.٢٥٣ حرارة حريرة ، هما الحدان اللذان لا تخرج عنهما الحرارة النوعية لمعظم الأراضي ، وتتأثر الحرارة النوعية بزيادة نسب المادة العضوية بها ، إذ أن الحرارة النوعية لهذه المواد العضوية عالية نوعاً ، فوجودها بنسب كبيرة في التربة يرفع من الحرارة النوعية لها .

وتلعب الحرارة النوعية للأرض دوراً هاماً في درجة الحرارة للأرض وهي بحالتها في الحقل ، إذ كلما صغرت الحرارة النوعية كلما زاد ارتفاع درجة حرارة الأرض نتيجة لامتناسها للحرارة من الشمس أو مصدر آخر . فلو فرضنا أن الشمس كانت تغطي الأرض ١٠٠٠ حرارة في زمن معين ، فمقدار الارتفاع الذي يحصل في درجة حرارة التربة يتوقف على حرارتها النوعية ، فإذا كانت الحرارة النوعية

لهذه التربة ٠.٢٠ حرارة مثلاً ، ارتفعت حرارة الكيلو غرام منها بمقدار $\frac{1000}{0.20 \times 1000}$ درجة ، أي ٥ درجات ، بينما إذا كانت حرارتها النوعية ٠.٢٤ حرارة كان مقدار ارتفاع حرارة الكيلو غرام الواحد منها $\frac{1000}{0.24 \times 1000}$ أي ٤.٢ درجة تقريباً .

أي أن الأراضي ذات الحرارة النوعية الصغيرة ترتفع درجة حرارتها أكثر من الأراضي ذات الحرارة النوعية الكبيرة إذا أعطى لكل منها مقدار واحد من الحرارة ، لذلك ونظراً لانخفاض قيمة الحرارة النوعية للأراضي الرملية تعتبر هذه الأراضي أراضي دافئة وتبعاً لذلك تعمل على سرعة نضج المحاصيل النامية فيها .

كل هذا باعتبار أن الأرض جافة ، خالية من كل رطوبة ، أما إذا احتوت على أي مقدار منها ، أثر ذلك على الحرارة النوعية ورفع قيمتها ، نظراً لكبر الحرارة النوعية للماء الموجود بالأرض المبتلة . ويمكن تقدير الحرارة النوعية للأرض المبتلة حسابياً ، إذا علم مقدار الرطوبة بها فإذا كان بالأرض ٠.٢٥ رطوبة وكانت الحرارة النوعية للتربة الجافة ٠.٢ حرارة ، تحسب الحرارة النوعية للأرض المبتلة على الأساس التالي :

$$0.18 \times 0.2 + 1 \times 0.26 = 0.36 \text{ حرارة}$$

باعتبار أن الحرارة النوعية للماء = ١

وكما زادت الرطوبة في الأرض ، زادت حرارتها النوعية بطبيعة الحال ، والعكس بالعكس .

وهذا يفسر عدم ارتفاع حرارة الأرض المبتلة بمقدار ارتفاع حرارة الأرض الجافة بفرض منسحب التبخر من الأولى ، حيث يعمل التبخر على خفض درجة الحرارة .

ثانياً - حرارة ابتلال التربة Heat of wetting :

ترتفع حرارة الأرض الجافة ارتفاعاً ملحوظاً عند ابتلالها بالماء، ويتمتع ان هذا الارتفاع في الحرارة بتعلق بالسطح الداخلي للأرض ، فمن العلوم ان طرد الماء الايجروسكوبي من التربة يحتاج الى مجهود حراري ، فمن الطبيعي ان ينفرد مقدار من الحرارة عند ترسيب هذا الماء مرة اخرى على الحبيبات ، ويشبه ذلك تبخير الماء الذي يحتاج لحرارة ليتحول من الحالة السائلة الى الحالة الغازية ، وإذا عاد ورسب البخار أعطى حرارة مساوية لما احتاجه لكي يتبخر .

ويتوقف مقدار حرارة الابتلال على هيجروسكوبية المواد العضوية من ناحية ، ومن ناحية أخرى يتوقف على مساحة السطح الداخلي للأرض وهذا يعتمد على مقدار الفروقات الموجودة بها ، ويمكن استعمال طريقة تقدير حرارة الابتلال كحكم على مقدار الفروقات في التربة وهناك علاقة بين مساحة السطح الداخلي وحرارة الابتلال هي :

$$(\text{السطح النوعي بالسم}^2 = \text{حرارة الابتلال بالحريرة لانغرام} \times 396 \times 10)$$

ثالثاً - التوصيل الحراري للأرض Heat conductivity of Soil :

كل الأجسام والغازات والسوائل توصل الحرارة بمقادير تختلف لموامل خمسة :

- ١ - مقطع الجسم الذي تسري فيه الحرارة، فكما زاد المقطع زاد مقدار التوصيل، أي أن مقدار الحرارة الساري يتناسب طردياً مع المقطع .
- ٢ - فرق الجهد الحراري بين المكانين في الجسم السارية فيه الحرارة ، فإذا زاد فرق طرف عن الطرف الآخر زاد مقدار الحرارة الساري ، أي انه يتناسب طردياً مع فرق حرارة الطرفين .
- ٣ - يزداد مقدار الحرارة في الجسم تبعاً لزيادة زمن التوصيل ويتناسب طردياً معه .
- ٤ - كلما طالت المسافة السارية فيها الحرارة كلما قلت الحرارة المارة في الجسم ، أي ان مقدار الحرارة الساري يتناسب عكسياً مع طول مسافة التوصيل .
- ٥ - يتوقف التوصيل الحراري على خاصية توصيل الجسم نفسه للحرارة ، إذ تختلف الأجسام والمواد في مقادير توصيلها للحرارة إذا وجدت فيها ظروف التوصيل السابقة .

ويقاس التوصيل الحراري بالحريرات . ويعرف معامل التوصيل بأنه مقدار الحرارة الذي يمر في وحدة الزمن من مقطع مساحته وحدة المساحة في مسافة قدرها وحدة الطول اذا كان الفرق بين حرارة الطرفين هو وحدة الحرارة .

فإذا رمزنا لمقطع الجسم بالرمز س ، وحرارة طرفي التوصيل بالرمز ح ١ و ح ٢ ولزمن ن ، واطول مسافة التوصيل بالرمز ل ، كان مقدار الحرارة الذي يوصله الجسم (ك) يساوي :

$$L = \frac{S (H_1 - H_2) \times N \times M}{J}$$

يفرض أن م هي معامل التوصيل الحراري للجسم .

والارض توصل الحرارة أيضاً كبقية الاجسام ، ولكن توصيلها غير ثابت على العموم ، نظراً لتكوين التربة من مواد غير متجانسة . ونظراً لتدخل الهواء والماء ، وهما غير ثابتي المقدار ، في تحديد مقادير توصيل الارض للحرارة ، فإذا لم يكن بالتربة ماء وهواء في مسافات البينية ، كان توصيلها للحرارة يقتصر على قدرة حبيباتها على التوصيل الحراري خلال نقط التلامس بينها . فإذا زادت نقط التلامس نتيجة لتزاحم الحبيبات زاد التوصيل الحراري ، والمكس بالمكس اذا كانت الحبيبات في نظام التفكك . وفي نفس الوقت فإن حبيبات التربة تتكون من مواد غير متجانسة معدنياً فطبيعي ان يكون توصيل حبيباتها لمدى للحرارة يتوقف على معادنها المكونة لها . فتوصيل السليكا للحرارة أكثر من توصيل الميكا واقل من توصيل أكاسيد الحديد .

أما إذا وجد الهواء في المسافات البينية ، كما هو الحال في الارض الجافة ، زاد توصيل الارض للحرارة ، نظراً لانتقال الحرارة في الهواء نفسه زيادة عن انتقالها خلال التربة ونقط تلامسها .

ولكن إذا بلى الماء كل المسافات البينية ، زاد توصيل الارض للحرارة زيادة كبيرة لأن توصيل الحرارة خلال الماء اكبر بكثير من توصيلها بالهواء إذ يقدر بـ ١٠٠ مرة .

وبناء على ما تقدم ، يمكن تلخيص العوامل التي تؤثر في توصيل الارض للحرارة فيما يلي :

- ١ - بناء التربة : كلما ساد نظام التزاحم كلما زاد التوصيل في الارض .
 - ٢ - مادة الحبيبات : تختلف مواد التربة في قدرتها على التوصيل الحراري ، وتبعاً لاختلافها يتغير توصيل التربة كلياً للحرارة .
 - ٣ - ماء التربة : نظراً لكبر معامل توصيل الماء للحرارة بالنسبة للهواء فإن زيادة ماء التربة يزيد توصيلها للحرارة ، وجفاف التربة يقلل من مقدار التوصيل .
- العوامل التي تتوقف عليها درجة حرارة التربة :

- ١ - الحرارة النوعية للمواد التي تتركب منها الارض :

درجة حرارة الجسم أياً كان تتوقف على الحرارة النوعية لمادته ، فإذا كان مقدارها صغيراً سخن الجسم بسرعة ، أما إذا كانت كبيرة فإن الجسم يسخن ببطء . والاراضي الجافة تختلف باختلاف تركيبها المادي وبمقدار ما تحتويه من مواد عضوية ، فالسادة العضوية ذات حرارة نوعية على اساس الوزن عالية تتراوح بين ٠٠٤ - ٠٠٥ حريرة .

ولكن بتدخل الحجم والمسامية نجد أن الحرارة النوعية للمادة المعزولة على أساس الحجم أقل منها مما هي في المادة المعدنية ، ومن ذلك نرى انه بزيادة نسبة المادة المعزولة في التربة فانها تسخن بسرعة عما إذا لم تكن موجودة .

وبين الجدول (١٤) الحرارة النوعية لبعض مكونات الاراضي .

جدول (١٤) الحرارة النوعية لبعض مكونات التربة

المكون	الحرارة النوعية (حريرة/غرام)
كوارتز	٠.١٩٦
كربونات كالسيوم	٠.٢٠٦
ميكا	٠.٢٠٨
الطلق	٠.٢٠٩
كاؤواينيت	٠.٢٣٣
دبال	٠.٤٧٧
الماء	١.٠٠٠

٢ - تأثير الماء :

الماء من أهم العوامل المؤثرة في درجة حرارة الارض ، ويعود سبب ذلك الى مايلي :

آ - تأثير الماء على الحرارة النوعية : فاذا أضيف الماء للتربة كبرت حرارتها النوعية فتسخن ببطء وتبرد ببطء بخلاف ما اذا كانت جافة .

ب - توصيل الماء للحرارة : فالماء يساعد على توصيل الحرارة من الطبقات العليا الى السفلى فلا تتركز بشدة على السطح .

وفي الاراضي البتلة يكثر التلامس بين الحبيبات فيها فيسرع انتقال الحرارة بالتوصيل فلا تتركز على السطح ، بعكس الاراضي الجافة حيث يقل سطح الاتصال بين الحبيبات فيها فيبطؤ انتقال الحرارة بالتوصيل ، فتسخن الطبقة السطحية كثيراً عن الطبقات السفلى . وقد وجد أن انتقال الحرارة من التربة الماء اصرع من انتقالها من التربة للهواء بنحو ١٥٠ مرة . ومن ثم كانت نسبة زيادة الماء في الارض تؤدي إلى زيادة درجة التوصيل .

ولكن إذا استمرت نسبة الماء في الازدياد إلى مالا نهاية انخفضت درجة التوصيل الى درجة توصيل الماء نفسه .

ج - تبخر الماء : بصعود الماء بالخاصة الشعرية إلى السطح ثم تبخره ينشأ عنه انخفاض في درجة حرارة سطح الأرض .

د - الصرف : يجب التخلص من الماء الزائد بالصرف لكي ترتفع درجة حرارة الأرض .

٣ - بناء التربة :

يتسبب عن تغير بناء التربة بالحرث أو التزحيف تغيرات في درجة حرارتها . فحرث الأرض وعزقها يضعف فيها نقط التلامس بين الجزيئات ، كما أن نسبة الهواء تزيد فيها فتصبح الأرض أقل توصيلاً للحرارة وبذلك تتركز الحرارة في سطحها .

أما التزحيف والميطة فتزيد درجة توصيل الأرض للحرارة لزيادة نقط التلامس وتقليل نسبة الهواء.

٤ - لون الأرض :

تختلف الأجسام في درجة امتصاصها للحرارة باختلاف ألوانها ، فالأراضي فاتحة اللون تمتص حرارة أكثر من الأراضي فاتحة اللون .

٥ - الأشعاع من الأرض :

كما أن الأرض تمتص حرارة بالامتصاص ، فإنها تفقد بعض هذه الحرارة ثانية بالأشعاع ، فالأراضي السوداء التي تمتص حرارة كثيرة تشع كذلك حرارة كثيرة وتشع الأرض دائماً حرارة أطول أمواجاً من التي تمتصها .

ومن خصائص بخار الماء والزجاج أن ينما مرور تلك الموجات الأرضية الطويلة خلالها ، ولكنها يمرران بسهولة الموجات القصيرة ، ولهذا السبب ترتفع درجة الحرارة في البيوت الزجاجية المغلقة ، كما تشتد حرارة الصيف عندما يكون الهواء محملاً بكثير من الرطوبة . وتشع الأرض ليلاً كثيراً من الحرارة الواصلة لها من الطبقات السفلى .

٦ - الارتفاع عن مستوى البحر :

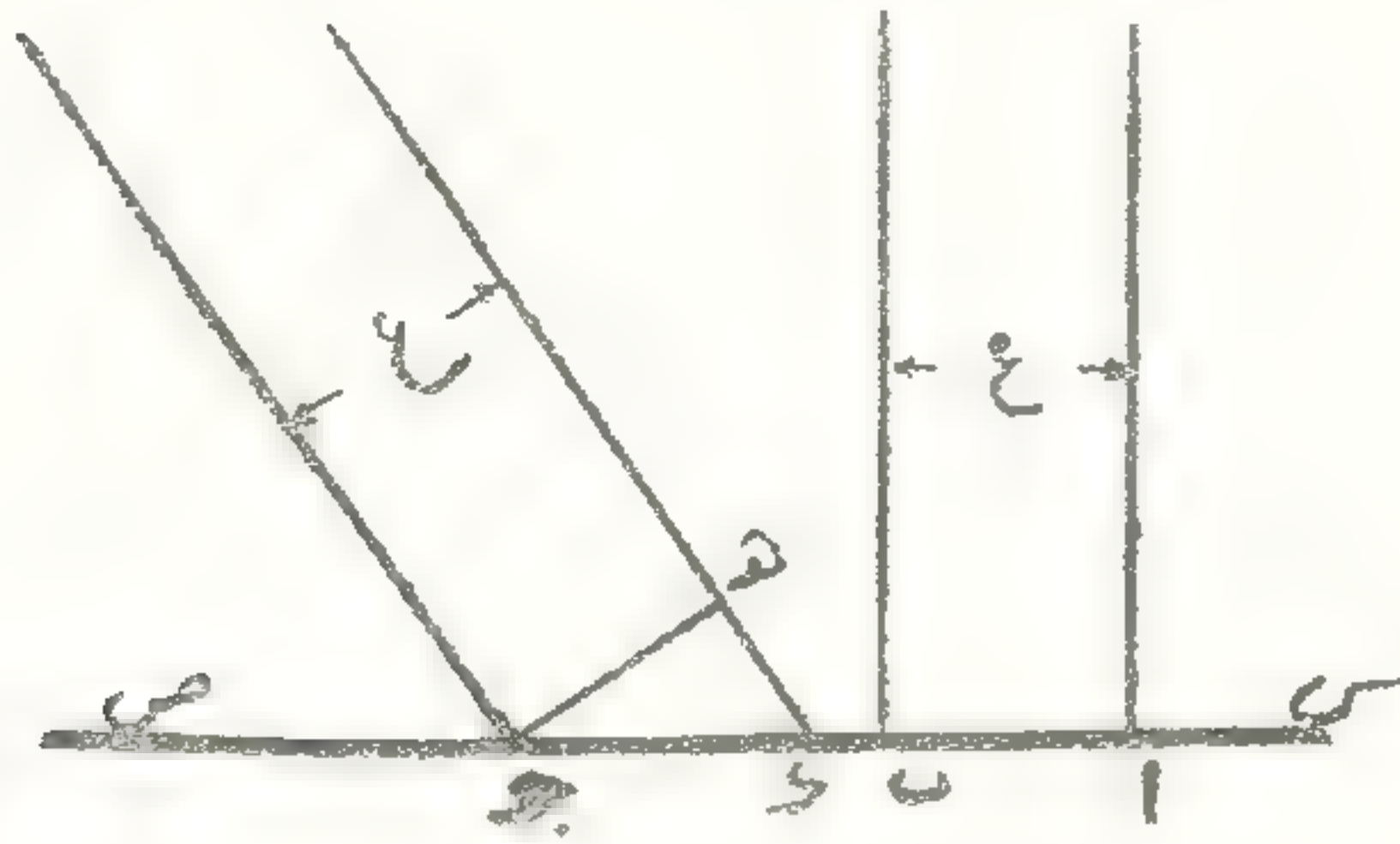
تنخفض درجة الحرارة بالارتفاع عن مستوى سطح البحر بمتوسط 1°C لكل ارتفاع قدره ٥٥٠ قدماً .

٦ - زاوية سقوط أشعة الشمس :

تمتص الأرض أكبر ما يمكن من حرارة الشمس إذا سقطت عليها الأشعة عمودية وكلما انحرفت الأشعة عن الاتجاه العمودي ضعف تأثيرها . أي أنه كلما صغرت زاوية السقوط كلما ازدادت كمية ما يمتص سمك ١ سم^٢ من سطح الأرض من الحرارة . على العكس من ذلك كلما كبرت زاوية السقوط كلما قل مقدار ما يمتص كل ١ سم^٢ من الحرارة .

والشكل (٢٤) يبين سقوط حزمين ضوئيتين من اشعة الشمس ، طول ضلعهما ع سم ، على السطح س ص . إحداها عمودية والأخرى مائلة .

ففي حالة الحزمة العمودية تقع الحزمة على مساحة قدرها آ ب \times ع بينما الثانية تقع على سطح مساحته ح د \times ع . ويمكن بسهولة إثبات ان ح د \times ع أكبر من آ ب \times ع فإذا كانت الحزمتان الضوئيتان متساويتين ، كان مقدار الحرارة الذي يصيب الأرض في حالة زاوية السقوط الصغيرة أكبر من الحرارة التي تصيب الأرض في حالة زاوية السقوط الأكبر .



شكل (٢٤)

رسم تخطيطي لحزمتين ضوئيتين متساويتين في المقطع
ومختلفتين في زاوية السقوط

وتختلف زاوية سقوط الاشعة الشمسية على الأرض الواحدة خلال اليوم وكذلك خلال السنة . ففي الحركة اليومية ، تبدأ أشعة الشمس في السقوط على الأرض عند الشروق وتكون زاوية السقوط أكبر ما يمكن ، وعند صعود الشمس في السماء تصغر زاوية السقوط حتى تصل الى نهايتها الصغرى عند الظهر ثم تعود فتعيل للغرب وتزداد زاوية السقوط ثانية .

وفي الحركة السنوية ، تكون أشعة الشمس عمودية على مدار السرطان ومائلة على مدار الجدي ، فيكون صيفاً في نصف الكرة الشمالي وشتاء في النصف الجنوبي ، وعلى العكس عندما تكون أشعة الشمس عمودية على مدار الجدي ومائلة على مدار السرطان .

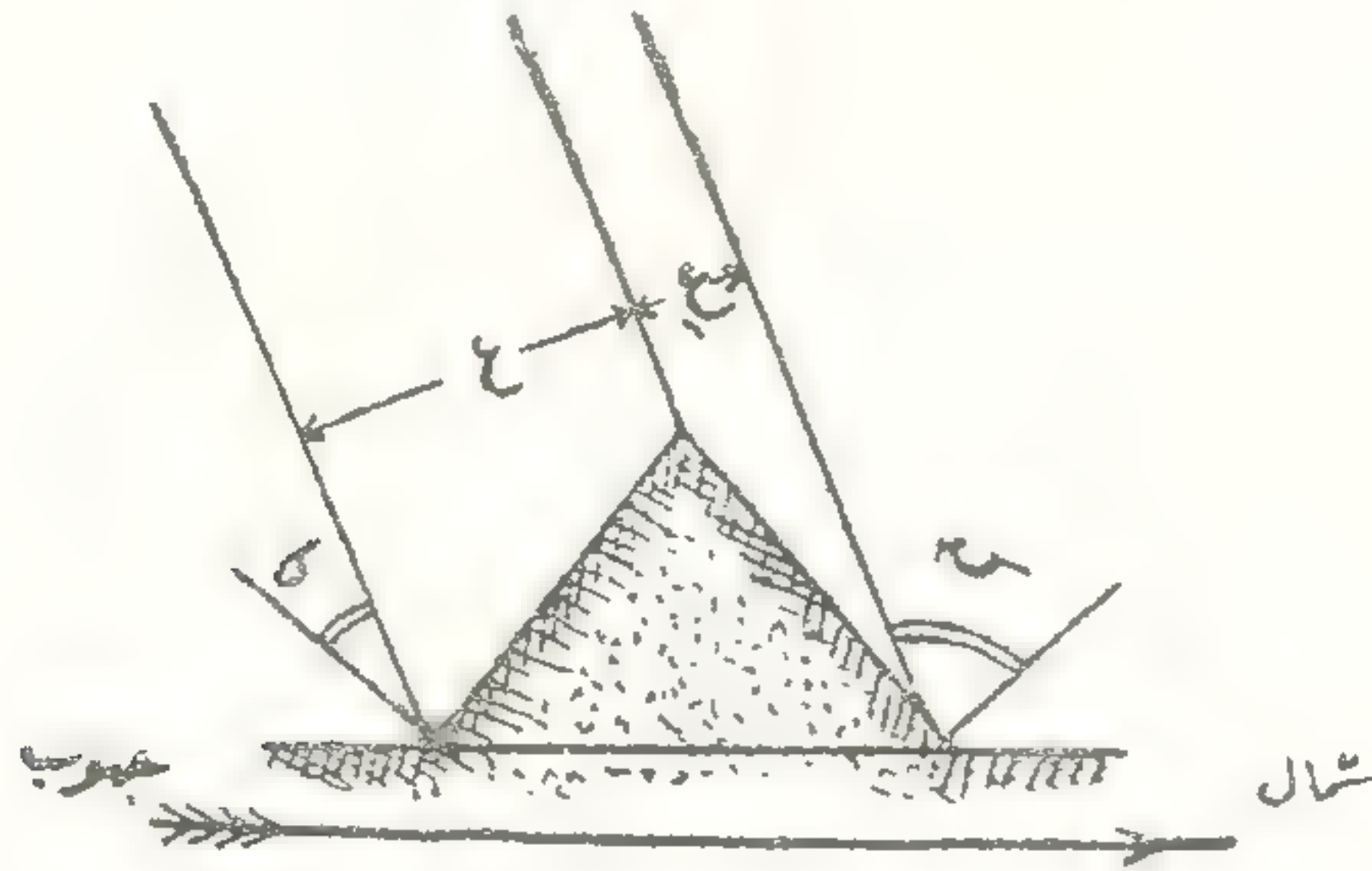
٨ - الموقع الجغرافي للأرض (خطوط العرض) :

يكون الموقع حاراً عادة كلما قرب من منتصف الكرة ، كما يكون بارداً كلما بعد عن المنتصف واقترب ناحية القطبين .

٩ - ميل الارض عن الافق :

يؤثر ميل الارض عن الافق في درجة حرارتها فادا تجاوزت قطعتان من الارض ، احدهما منبسطة والاخرى مائلة فانها لا يكونان ذات درجة حرارة واحدة في نفس الوقت ، وسبب ذلك هو اختلاف ميل اشعة الشمس عليها . حيث نجد ان زاوية سقوط الاشعة على المستوى الافقي اكبر من زاوية سقوطها على المحور المائل وعلى ذلك فالمنحدر يسخن اكثر من الارض المنبسطة .

ولاتجاه الميل ايضاً تأثير في درجة حرارة الارض . فدرجة حرارة المنحدر الشرقي أعلى من درجة حرارة المنحدر الغربي في النصف الاول من النهار ، والعكس في النصف الثاني منه ، ودرجة حرارة الريشة القبلية أعلى من درجة حرارة الريشة الشالية ، شكل (٢٥) .



شكل (٢٥)

سقوط حزمة ضوئية على احد خطوط الزراعة . واضح أن الريشة الجنوبية أكثر تعرضاً للحرارة من الريشة الشالية

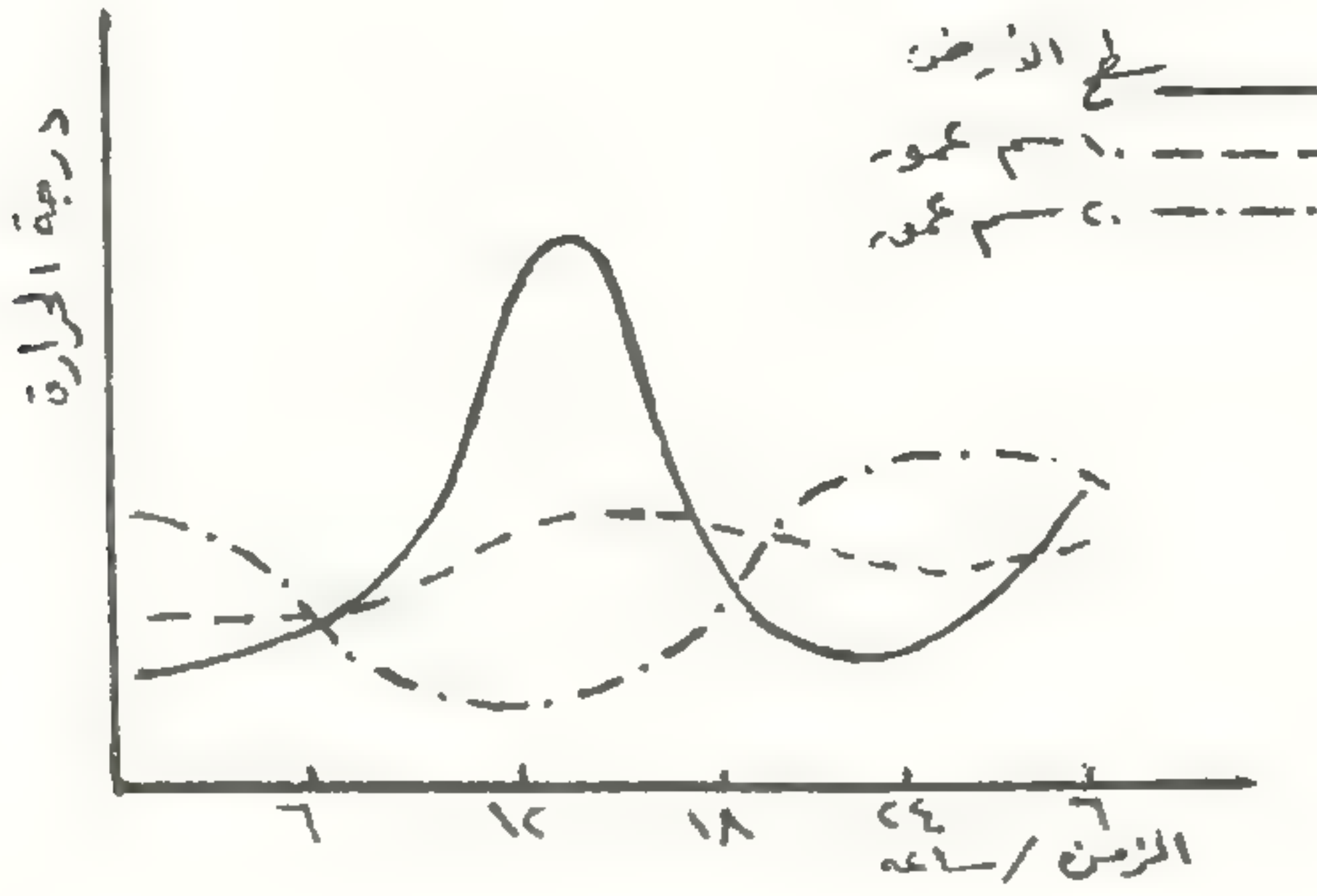
الموجة الحرارية الارضية :

عند سقوط أشعة الشمس على الارض ينص سطحها جزء من الطاقة الحرارية ، فترتفع درجة حرارتها عن درجة حرارة الطبقات السفلي ، وبذلك تنشأ موجة حرارية تنتقل في الارض من السطح الى اسفل ، بسرعة تتوقف على بناء الارض ، ودرجة توصيل اجزائها للحرارة ، ونسبة الرطوبة بها .

وفي الليل عندما يبرد سطح الارض بالاشعاع وتنخفض درجة حرارته عن درجة حرارة الطبقات السفلي ، ينعكس سير الموجة الحرارية فتتحرك من أسفل إلى أعلى ، من ذلك نرى ان الحرارة تسير في

الارض على هيئة موجات حرارية يومية ، وتم دورة هذه الموجة اليومية كل ٢٤ ساعة . وقد تصل في سيرها الى أسفل لعمق ٣ قدم ثم ترتد صاعدة الى سطح الارض .

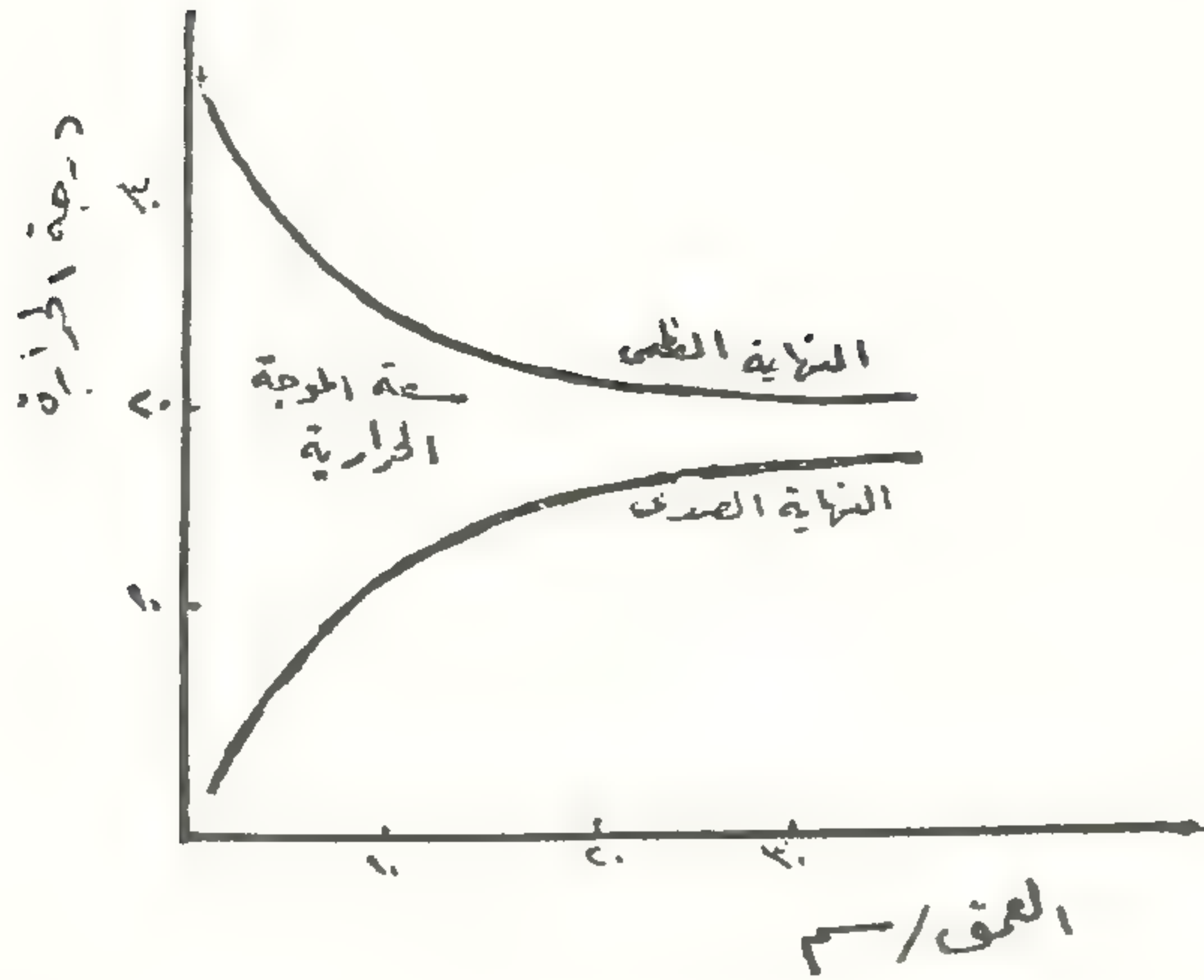
يسمى الفرق بين النهاية العظمى لدرجة الحرارة والنهاية الصغرى لها بالمدى الحراري اليومي أو سعة الموجة الحرارية . وسعة الموجة الحرارية في باطن الارض أقل منها في السطح ، وإن درجة الحرارة العظمى عند تلك النقطة تصل في وقت متأخر عن الوقت الذي تصل فيه درجة حرارة السطح الى نهايتها العظمى .



شكل (٢٦)
تغير الموجة الحرارية اليومية حسب عمق التربة

نما تقدم يتضح ، أننا إذا قسمنا درجات حرارة الارض على أعماق مختلفة من السطح قبل طلوع الشمس لوجدنا درجة الحرارة تنخفض على السطح وتزداد كلما تعمقنا في جوف الارض ، وعندما تطلع الشمس وتأخذ درجة حرارة الهواء الجوي في الارتفاع فإن درجة حرارة سطح التربة ترتفع عن درجة حرارة الطبقات السفلى وبذلك تسير الموجة الحرارية من السطح الى أسفل فترتفع درجة حرارة الطبقات السفلى تدريجياً أثناء سيرها ، بحيث يكون السطح أسخنها ، وتقل درجة الحرارة بالتدريج كلما تعمقنا وتصل كل طبقة الى درجة حرارتها العظمى في وقت متأخر عن زمن النهاية العظمى لدرجة حرارة الطبقات التي تلوها .

ويوضح الشكل (٢٧) العلاقة بين مدى الموجة الحرارية والعمق في التربة . ويتضح منه ان سعة الموجة الحرارية تقل كلما تعمقنا في باطن الارض .



شكل (٢٧) تناقص سعة الموجة الحرارية مع تعمق التربة

الموجة الحرارية السنوية :

بالإضافة الى الموجة الحرارية اليومية التي تؤثر في كل نقطة من باطن الارض ، فان هناك موجة حرارية سنوية ، تظهر آثارها بارتفاع متوسط درجة الحرارة لكل نقطة حتى تبلغ أقصاها في شهر معين، ثم تنخفض لنهاية صفرى في شهر معين آخر أثناء السنة . وقد دلت تجارب Mackenzie على أن الموجة السنوية تبلغ نهايتها العظمى في شهر تموز أو آب ، كما تبلغ نهايتها الصغرى في شهر شباط .

وقد دلت تجارب أخرى على أن الموجة السنوية تتحرك من أعلى إلى أسفل في فصلي الربيع والصيف أي انها تكون موجة هابطة ، حيث يكون متوسط درجة حرارة السطح أعلى من متوسط درجة حرارة باطن الارض . كما تتحرك الموجة الحرارية من أسفل الى أعلى في الخريف والشتاء وتكون موجة صاعدة ، حيث يكون متوسط درجة الحرارة في باطن الارض أعلى من المتوسط على سطحها .

الباب الثالث
الخواص الكيميائية للأرض

ويشمل خمسة فصول هي :

الفصل الاول : غرويات الارض ومعادن الطين

الفصل الثاني : تبادل الكاتيونات في الارض .

الفصل الثالث : الكائنات الحية والمادة العضوية في التربة .

الفصل الرابع : تأثير الارض . والفعل التنظيمي لها .

الفصل الخامس: الاراضي المالحة والقلوية .

المقدمة للفؤول

غرويات الارض ومعادن الطين

SOIL COLLOIDS AND CLAY MINERALS

غرويات الارض :

من المعلوم أن حبيبات الارض تتفاوت في حجومها بين الحصى وبين الطين والواقع انه كما صغرت الحبيبات كما زاد نشاطها الكيماوي . والارض باحتوائها على حبيبات متفاوتة الاقطار ، تعتبر في حالة توازن من جهة نشاطها الكيماوي ، فلو كانت كلها نشطة لتحولت جميعها الى النواتج النهائية للتفاعل وهي الذوبان والتلاشي ، ولو كانت كلها عديمة النشاط لمجرت عن تحضير المواد الغذائية للنبات وامداده بها .

وتلعب الحبيبات الغروية سواء أكانت معدنية كالطين أو عضوية كاللدبال أو معقدة ناشئة من اتحاد الطين واللدبال في مركب واحد يسمى المعقد الغروي Clay-humus complex ، تلعب جميعها دوراً مهماً في تحديد الخواص الطبيعية والطبيعية الكيماوية للارض ، فكما زاد مقدارها كلما زادت الارض تماسكاً وقدرة على حفظ الماء ، وقل فقد الماء منها بالرشح والتبخر ، واتسعت قدرتها على اختزان عناصر الغذاء النباتي في صورة سالحة للاستعمال .

خواص الغرويات :

يعتبر النظام الغروي Colloidal system وسط بين الرواسب Precipitates والمحاليل الحقيقية Solutions . وتعتبر المادة في نظام غروي إذا كان قطر حبيباتها بين ٠.٠٠٠١ ميكرون وبين ٠.٠٥ ميكرون . ويرى علماء الاراضي ان يكون الحد الأعلى لقطر الحبيبات الغروية هو ٢ ميكرون لأن هذه الحبيبات تظهر فيها بعض الخواص الغروية . وأهم خواص الغرويات هي :

- ١ - لا يمكن رؤية الحبيبات تحت المجهر العادي لصغر حجمها ، ولكن يمكن مشاهدة حركتها البراونية بانعكاس الضوء عليها في حقل الاتراميكرو سكوب .
- ٢ - السطح النوعي للغرويات كبير جداً وهو يتناسب عكسياً مع اقطار الحبيبات ، كما ان قدرة الحبيبات على التفاعل والامتصاص تتناسب طردياً مع سطحها النوعي .
- ٣ - تحمل الغرويات شحنات كهربائية ، أما ان تكون سالبة كما في الطين والذبال ، او تكون موجبة كأيدروكسيد الالومنيوم وايدروكسيد الحديد .
وتستطيع الغرويات معادلة شحنتها بجذب أيونات مغيرة لها بالشحنة .
- ٤ - تتجمع الغرويات باضافة الالكترونات لها ، أو باضافة غرويات اخرى مخالفة بالشحنة لها . كما تتجمع ايضاً بنزع الفلاف المائي من حولها وذلك باضافة الكحول مثلاً .
- ٥ - تتفاوت الغرويات في درجة قابليتها للتجمع ، فمنها ما يتجمع بسهولة كالمعادن والايديروكسيدات، ويسمى الغروي في هذه الحالة كارها للماء Hydrophobic . ومنها ما لا يسهل تجمعه كزلال البيض والصمغ ويسمى محبا للماء Hydrophilic ويطلق على الغرويات صعبة التجمع اسم الغرويات الحافظة ، لأنها إذا وجدت مع غرويات سهلة التجمع حفظتها من التجمع .
- ٦ - تكون الغرويات في حالة سول عند ما يكون وسط الانتشار سائلاً والمادة المنتشرة جسماً صلباً . أو تكون في حالة جل gel عندما يكون وسط الانتشار صلباً والمادة المنتشرة سائلاً. وفي كلتا الحالتين يزداد حجم الحبيبات الغروية بامتصاص الماء . وإذا سحب منها الماء المنص بالتجفيف انكش حجمها ثانية .
- ٧ - بعض الغرويات تستطيع بعد جفافها العودة الى الوضع الغروي ثانية إذا وضعت في وسط الانتشار وتسمى مثل هذه الغرويات عكسية Reversible ، وبعض الغرويات لا تستطيع العودة الى الشكل الغروي بعد جفافها وتسمى مثل هذه الغرويات غير عكسية Irreversible .

معادن الطين Clay Minerals :

ذكرنا سابقاً أن الطين عبارة عن ناتج ثانوي لأثر عوامل تكوين الاراضي في الفئات الصخرية ، ونظراً لاختلاف كل من عوامل تكوين الاراضي والفئات الصخرية نجد ان هناك انواعاً مختلفة من الطين . وكل أنواع الطين عبارة عن سليكات الومنيوم تقريباً ، وفي الحقيقة فإن اساس تكوين الطين هو حمض السيليسيك مع الالومينا والحديد ، مع قليل من القواعد الارضية المختلفة . والفروض نظرياً انه كلما تقدمت عمليات التجوية كلما اقتربت نواتج الصخر المتحلل من تركيب سليكات الالومنيوم او سليكات الالومنيوم والحديد ، نظراً لانفسال القواعد الارضية بعيداً في الاعماق ، أي يصبح عدد جزيئات حمض السيليسيك مساوياً لعدد جزيئات

الحديد والالومنيوم معاً . ولذلك يقاس مدى تطور معدن الطين بإيجاد نسبة السليكا الى اوكسيد الالومنيوم + اوكسيد الحديد في صورة :

$$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3}$$

ويستعاض عن ذكر الاكسيد الالومينية والحديدية باسم الاكسيد السداسية Sesquioxides ويرمز لها R_2O_3 .

ويستفاد من معرفة هذه النسبة ان يحدد مدى تطور الطين تحت ظروف تكوين الارض ، فكما زادت هذه النسبة دلت على ان التطور لم يتم ، وكلما قربت من ١ : ١ كلما دلت على تقدم عملية التطور .

وبين الجدول التالي تحليلات انواع مختلفة من الطين مأخوذة من اماكن مختلفة من العالم .

جدول (١٥) التركيب الكيماوي لبعض انواع من الطين

الارض	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	$\frac{\text{SiO}_2}{\text{R}_2\text{O}_3}$	$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$
(١)	٥٨٦٩	١٧٦٢	٢٠٦١	٠٦٢	٢٦٢	٣١٢٧	٥١٧٨
(٢)	٣٣٥٩	٣٦٦١	١١٦٠	٠٦٣	٠٦٤	١١٣٤	١١٥٩
(٣)	١٠٦٢	١٥٦٨	٦٢٦٥	٠٦٢	٠٦٥	٠٠٣١	١١٠٩
(٤)	٣٨٠٠٨	٣١٠٩١	١٢١٣٣	٠٠٨٥	١١٣٢	١١٦٢	٢١٠٢
(٥)	٤٩٠٠٦	٢٦٦١٢	٩١٤٨	١١٨٩	٤١٨٠	٢١٥٩	٣١١٩
(٦)	٥٤١٠٥	٢١٦٥٥	١١٦٠٢	١٠٣٥	٢١٥٦	٣١٢٠	٤١١٦
(٧)	٦٠٦٥٥	١٦٦٦٢	٥١٧٨	٠٠٦٦	٢١٥٧	٥١٠٧	٦٠٢٠

(١) سوداء من الترسفال - من روبنسون

(٢) حمراء من جورجيا - من روبنسون

(٣) قرميديّة من كوبا - من روبنسون

(٤) منطقة شين (اعالي الجبال الساحلية) - زين العابدين

(٥) قبور البيض (شمال سوريا) - زين العابدين

(٦) الباب - زين العابدين

(٧) قرب الحول - زين العابدين

وبأخذ تحليل الطين المستخرج من منطقة الباب كمثل توضيح طريقة حساب نسبة السليكا الى
الاكاسيد السداسية نجدها تم بالصورة التالية :

(١) من التحليل نجد أن السليكا ٥٤١٠٥٪ ، الالومينا ٢١٦٥٥٪ ، اوكسيد الحديد ١١٦٠٢٪ .

(٢) لايجاد عدد الجزيئات النسبي في كل من هذه الاكاسيد ، يقسم المقدار على الوزن الجزيئي
للكسيد أي :

أ - الوزن الجزيئي للمركب $\text{SiO}_2 = 60$

ب - الوزن الجزيئي للمركب $\text{Al}_2\text{O}_3 = 102$

ج - الوزن الجزيئي للمركب $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 160$

(٣) وبذلك يكون عدد جزيئات SiO_2 النسبي =

$$0.0900 = \frac{54105}{60}$$

= عدد جزيئات النسبي Al_2O_3

$$0.0211 = \frac{21655}{102}$$

= عدد جزيئات النسبي Fe_2O_3

$$0.0069 = \frac{11602}{160}$$

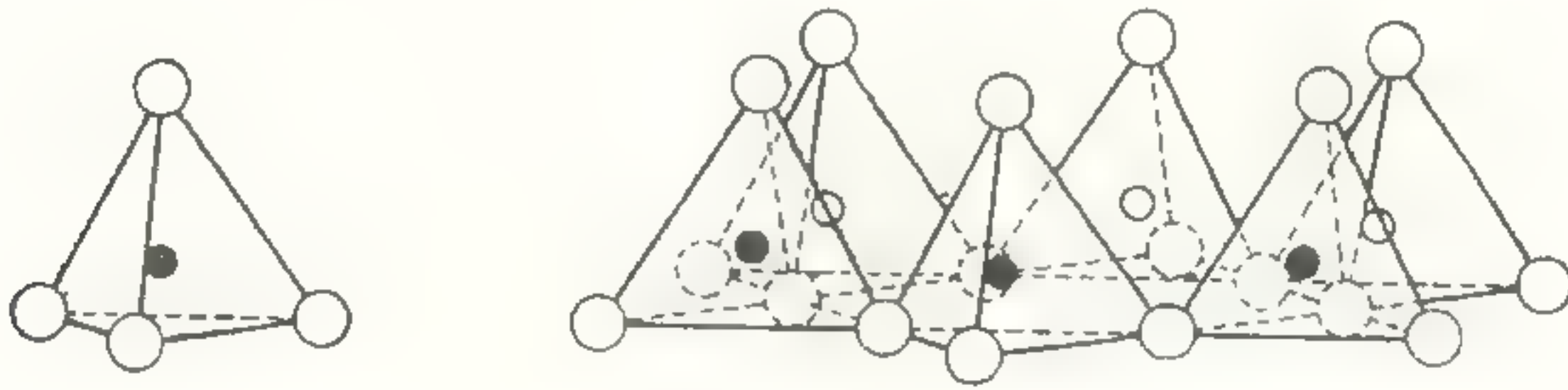
(٤) وعلى ذلك تكون نسبة $\text{SiO}_2 : \text{R}_2\text{O}_3 = 3920$

وبمراجعة الارقام الموجودة في الجدول نجد ان الاراضي القرميدية (لاتريت) ، وهي اراضي
تقدمت فيها عمليات التطور تقدماً كبيراً ، قد صغرت فيها نسبة السليكا الى الالومينا الى ٠١٥٩ . بينما في
الاراضي السوداء وهي اراضي لم تتم فيها عملية التطور نجد ان هذه النسبة بها ٥١٧٨ .

كما نجد من عينات الطين المأخوذة من مناطق مختلفة الامطار في القطر السوري ، انه بزيادة
الامطار تقل كل من نسبة السليكا الى الالومينا ، والسليكا الى الاكاسيد السداسية ، مما يدل على أن
عمليات التطور والتحلل تزداد وتتقدم كما زادت كمية الرطوبة .

أثبتت الأبحاث الحديثة أن معقد الطين يتكون أساساً من معادلات لها شكل بلوري خاص يمكن تمييزه بأشعة (س) أو بالمجهر الإلكتروني . وقد ظهر أن لهذه المعادن بناء بلوري خاص Lattice Structure بحيث يكون ترتيب ذرات الاوكسجين والسليكون والالومنيوم أو الحديد في اوضاع نسبية خاصة .

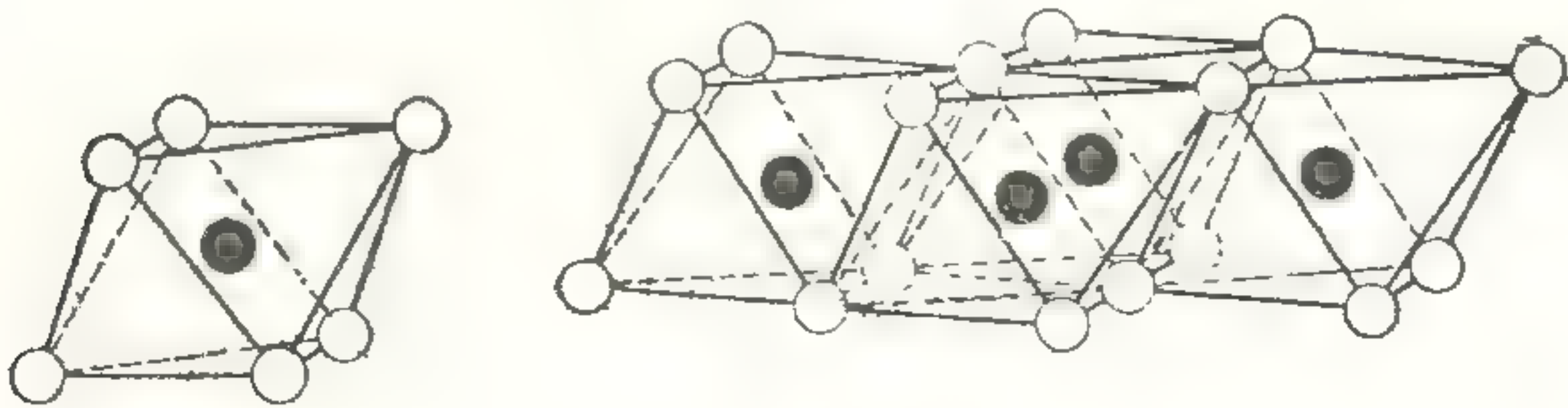
فذرة السليكون ترتبط مع الاكسجين بالنظام الرباعي Tetrahedral مـكونة ما يسمى بالصفحة الرباعية Tetrahedral sheet (شكل ٢٨) . أي أن كل ذرة سليكون توجد في مركز هرم رباعي الوجوه وترتبط مع ٤ ذرات اكسجين الموجودة في رؤوسه .



شكل (٢٨)

رسم توضيحي لمجموعة مفردة من السليكا الرباعية والصفحة من السليكا الرباعية .

بينما ترتبط ذرة الالومنيوم مع الاكسجين بالنظام الثماني Octahedral . أي توجد ذرة الالومنيوم في مركز ثماني الوجوه وترتبط مع ٦ ذرات اكسجين الموجودة في رؤوسه وترتبط ذرات الالومنيوم في الاتجاه الأفقي مـكونة ما يسمى بالصفحة الثمانية Octahedral sheet (شكل ٢٩) .



شكل (٢٩)

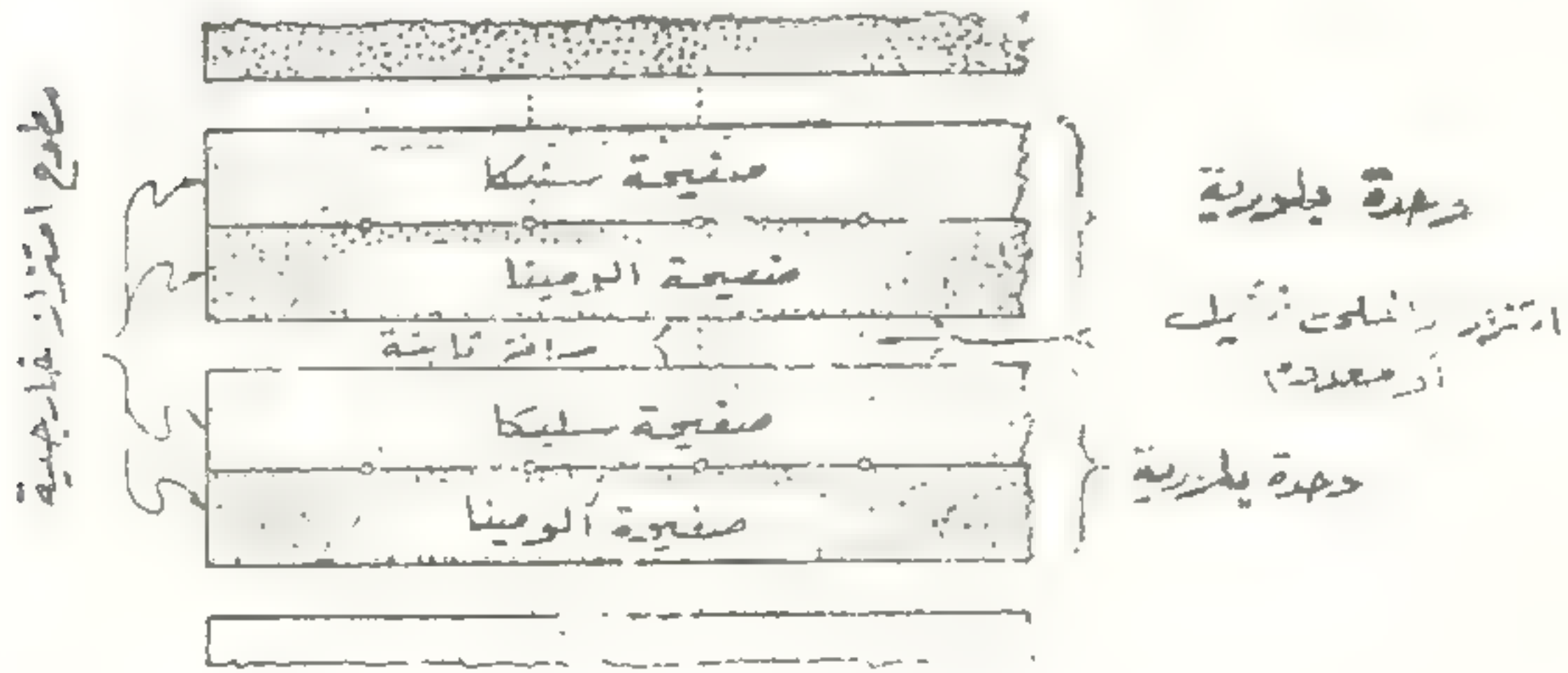
- رسم توضيحي لمجموعة مفردة من الالومينا الثمانية والصفحة من الالومينا الثمانية .

وتترتب صفيحة من السليكا (المتكونة من عدد من المجاميع الرباعية) مع صفيحة من الالومينا (المتكونة من عدد من المجاميع الثمانية) لتشكيل وحدة بلورة الطين Cristal lattice ، وتختلف المسافات بين هذه الصفائح باختلاف معادن الطين ، وبالتالي تختلف قوة تماسكها وقابليتها للتمدد فإذا كانت المسافات بين الصفائح كبيرة فإن الماء والايونات المختلفة تتمكن من الدخول في هذه المسافات .

وتقسم معادن الطين الي عدة مجموعات ، ثلاثة منها رئيسية ، وهي :

(١) مجموعة الكاؤولين Kaolinite group :

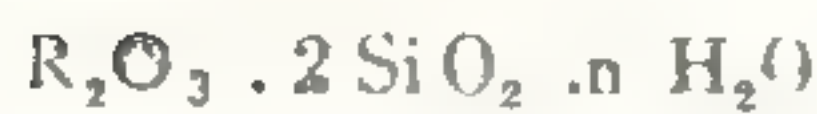
ويطلق عليها مجموعة طين ١ : ١ . والتركيب البنائي لهذه المجموعة هو صفيحة واحدة من السليكا الرباعية وصفيحة واحدة من الالومينا الثمانية (شكل ٣٠) . والرمز البنائي لها هو :



شكل (٣٠)

رسم تخطيطي يبين البناء البلوري لمعدن الكاؤولينيت

أما الرمز الكيماوي فهو :

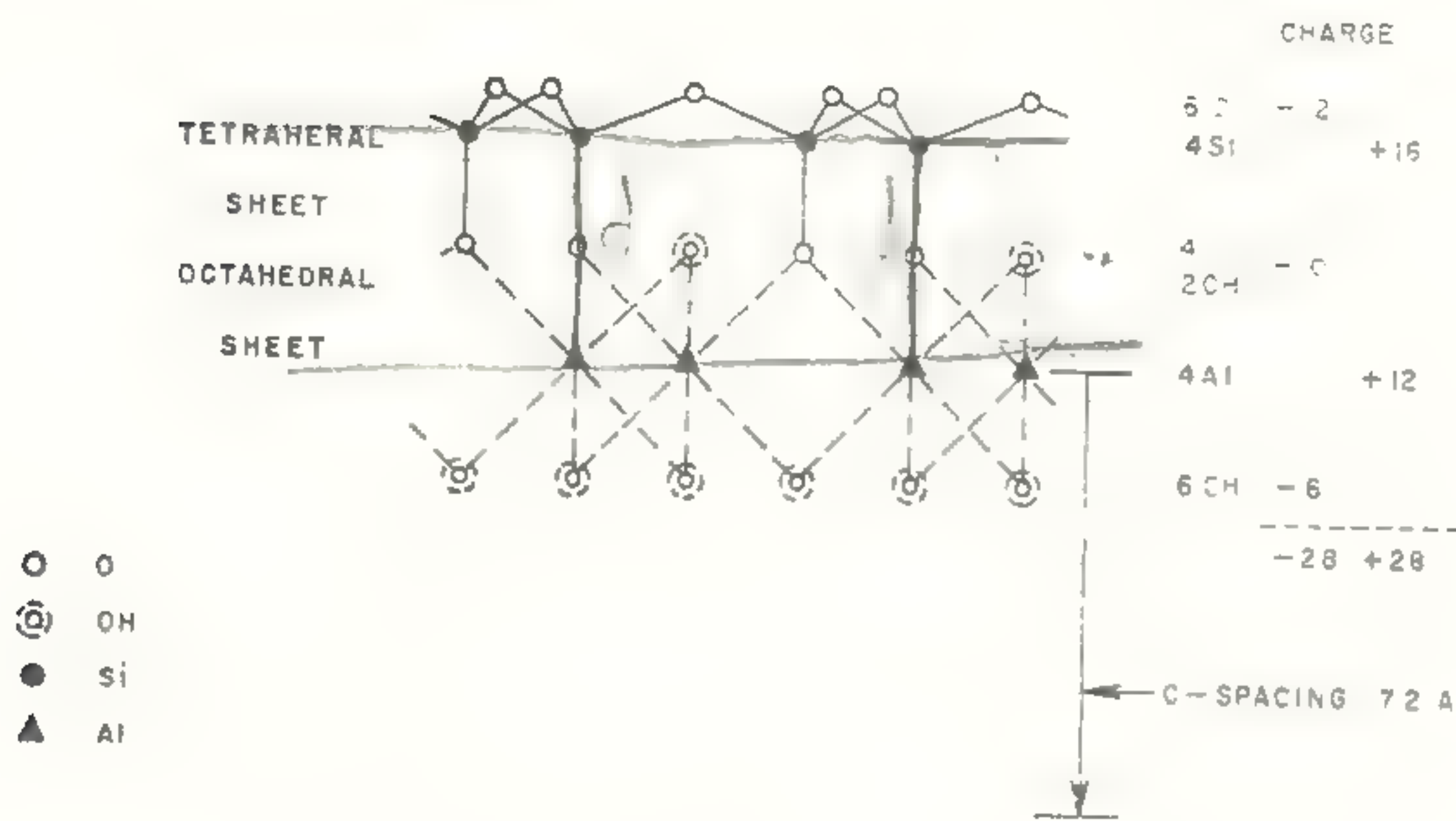


باعتبار ان R عبارة عن Al^{+++} أو Fe^{+++} . وإحلال ذرة أو أكثر من الحديد مكان الالومنيوم يؤدي الى تكوين انواع كثيرة من المعادن تختلف في تركيبها الكيماوي ولكنها تتشابه الى حد كبير في شكلها البلوري ويتبع هذه المجموعة المعادن التالية :

Halloysite , Metahalloysite , Kaolinite , Diekite , Nacrite
Anauxite

وتشكون السكاؤولين من انحلال الصخور في وسط حامضي رطب عادة ويتميز بأن المسافات بين الصفائح ضيقة جداً تقدر بأقل من 10×10^{-8} سم . ولذلك فإن قدرته على امتصاص الماء قليلة ، كما أن الأيونات لا تستطيع دخول بنائه البلوري ، ولذلك فالسطح الفعال للسكاؤولينيت يكون محدداً بأوجهه الخارجية فقط . ولذلك فإن هذا الطين لا يدي خواصاً غروية عالية . ويتراوح أقطار جزيئاته بين ٠.٠١ - ٠.١ ميكرون ، وهي جزيئات كبيرة الحجم إذا ما قورنت مع باقي أنواع معادن الطين .

وبين شكل ٣١ ترتيب الذرات في وحدة البلورية من نوع معدن طين ١ : ١ .



شكل (٣١)

ترتيب الذرات في معدن طين السكاؤولينيت

(٢) مجموعة المونموريلونيت Montmorillonite groupe :

والتركيب البنائي لهذه المجموعة هو أن كل وحدة Unit تتركب من صفائح سليكا رباعية ثم صفائح ألومينا ثمانية تليها صفائح سليكا رباعية (اي سليكا - ألومينا - سليكا) ، شكل ٣٢ . والرمز البنائي لهذه المجموعة هو :

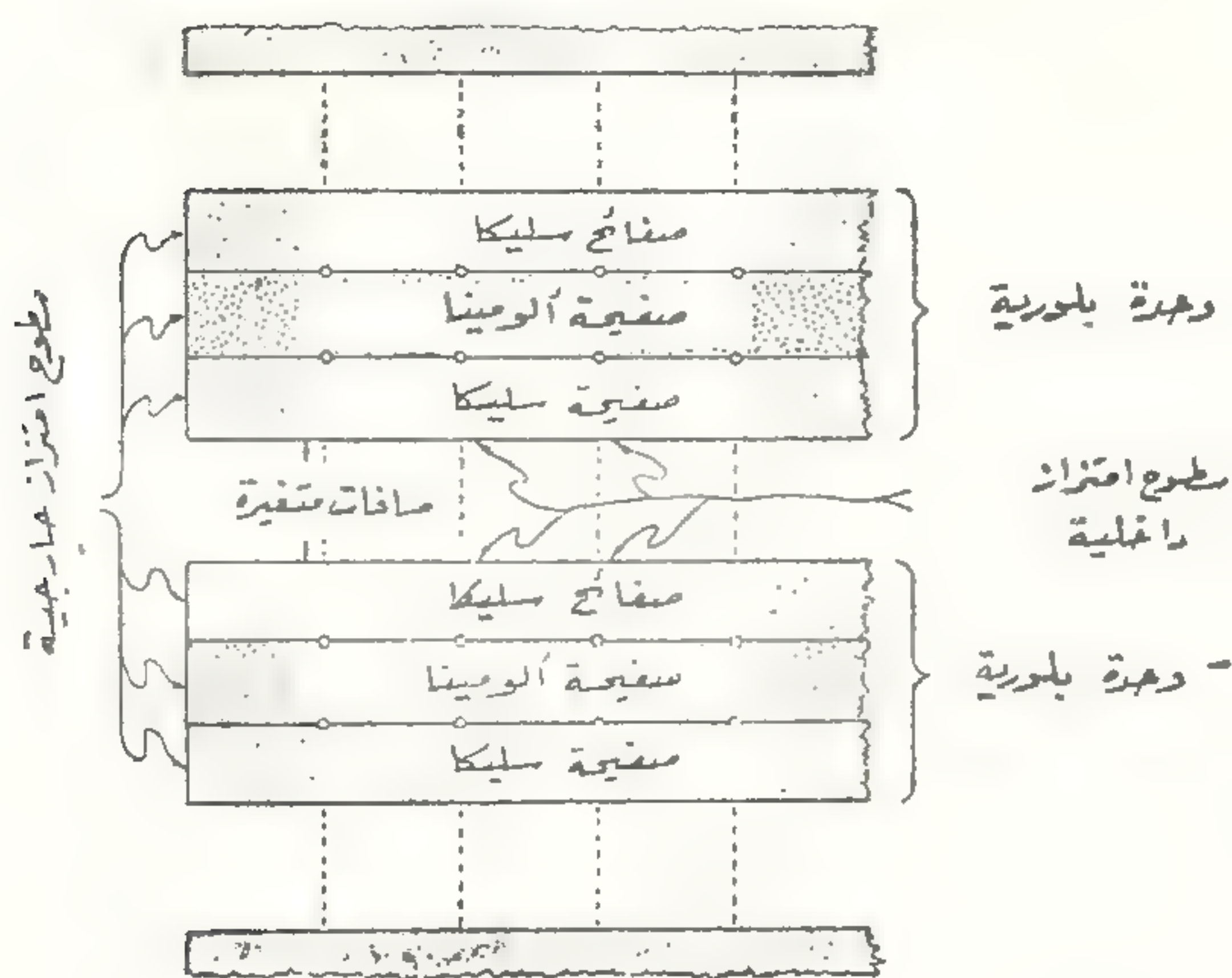


أما الرمز الكيماوي فهو :



وقد يحل الحديد محل الألومنيوم كما قد يحل المغنيسيوم محله ، وأحياناً يحل الألمنيوم محل جزء من السيليكون . ولذلك تنتج أنواعاً متعددة من المعادن تتبع هذه المجموعة منها :

Montmorillonite , Beidellite , Saponite , Hectorite
Nontronite



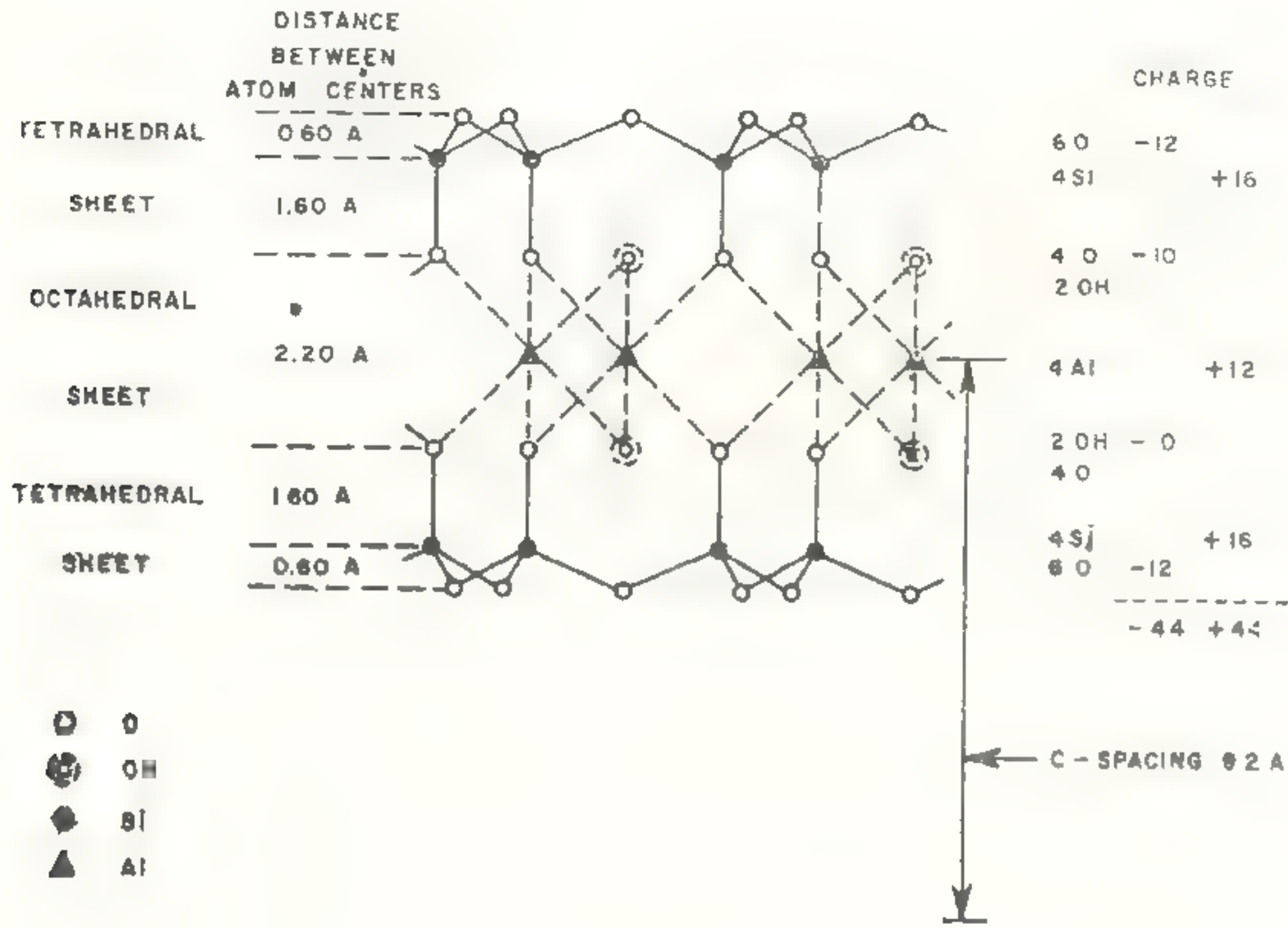
شكل (٣٢)

رسم تخطيطي يبين البناء البلوري لمعدن طين المونتموريلونيت

وتتكون معادن هذه المجموعة في وسط غني بالقواعد ، وتوجد عادة في نواتج تحلل الصخور الرسوبية وما شابهها والمسافات بين الصفائح أكبر من 8×10^{-8} سم ، ولذلك فهي تسمح بدخول الماء بينها ، ثم تزداد هذه المسافات اتساعاً بدخول الماء حتى تصل إلى نحو 20×10^{-8} سم وبذلك يسهل على الأيونات الدخول بين الصفائح ، فتمتص داخل البناء فضلاً عن الامتصاص على السطح ، ويتراوح قطر بلورات المونتموريلونيت بين $0.001 - 1000$ ميكرون والشكل ٣٣ - يبين ترتيب الذرات في نوع معادن طين (٢ : ١)

(٣) مجموعة الايلايت او الميكا المتأدرة (Illite group (Hydrous mica)

والتركيب البنائي لهذه المجموعة هو ان كل وحدة تتركب من صفيحتين من السليكا الرباعية ، بينها صفيحة واحدة من الالومينا الثمانية ، اي ان الوحدة تشبه مثلتها في المونتموريلونيت ، الا ان هناك احلال الالومنيوم محل جزء من السيليكون في الصفيحة الرباعية والفرق في الشحنات يكمل بدخول



شكل (٣٣)
ترتيب الذرات في معدن طين (١ : ٢)

البوتاسيوم بينها بحيث ترتبط ذرات البوتاسيوم بثبات في نسيج البلورة ، والرمز البنائي لهذه المجموعة هو :



ويمثل التركيب الكيماوي بالرمز :

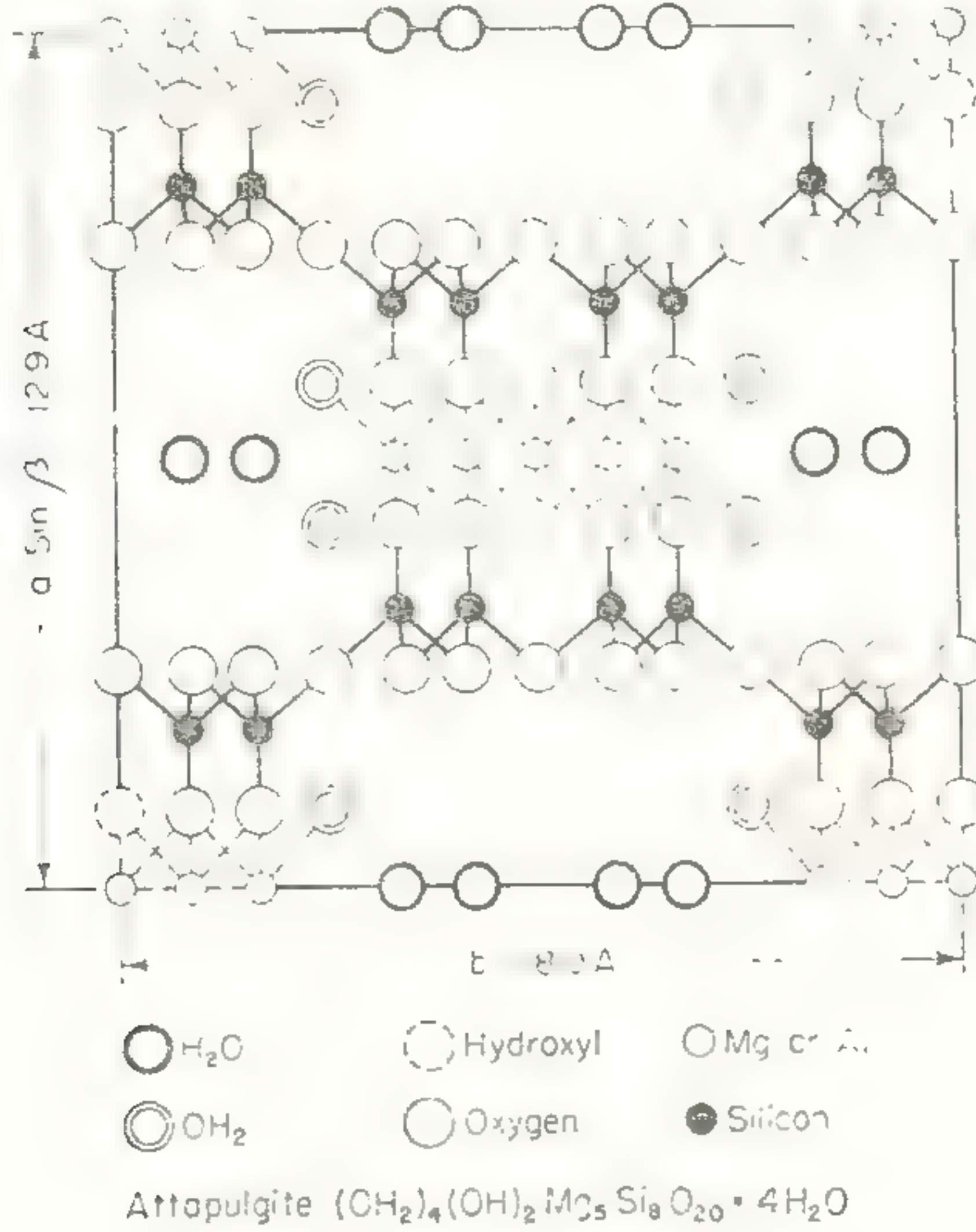


ويتبع هذه المجموعة عدة معادن تختلف فيما بينها حسب درجة احلال العناصر مكان السيليكون

او الالومنيوم ويوجد هذا النوع من معادن الطين في الصخور الرسوبية ، كما ينتج من انحلال بعض الصخور النارية انحلالاً اولياً مثل الفلسبارات البوتاسية او الصودية . وتعتبر هذه المجموعة وسط في خواصها بين مجموعة السكاؤولينيت والمونتموريللونيت .

٤ - مجموعة الاتابولجيت Attapulgite :

لا تزال المعلومات عن هذه المجموعة قليلة نسبياً ، إذ أنها تنتشر في مناطق قليلة من العالم . ولقد



شكل (٣٤)
ترتيب الذرات في معدن الاتابولجيت

وجد في اراضي البادية السورية أنها تحوي نسبة كبيرة من هذه المجموعة . وبناءؤها على الغالب ليفي ، وتكون من سلاسل رقيقة جداً من السليكات في الوضع الرباعي . وكل وحدة بلورية تتكون من زوج من سلاسل صفائح السليكا الرباعية المتماكسة ، ويربط هذه الزوج من صفائح السليكا شريط من مجاميع

المغنيسيوم المسماة طبقة البروسايت Brucite layer ورمزها $Mg_3(OH)_6$. وقد يحل الألومنيوم أو الحديد محل المغنيسيوم في طبقة البروسيت .

والرمز العام لها هو :



وبدو عند رسمها بالمجهر الإلكتروني بشكل أبرية متطاولة . واشهر المعادن التابعة لها هي :

Attapulgite . Palygorskite . Sepiolite

٥ - وتوجد أنواع أخرى للطين ، وإن كانت أقل أهمية من المجموعات السابقة منها طين الكلورايت Chlorite وهو عبارة عن طين ٢ : ١ يشبه تركيبه البنائي طين الابلات أي صفيحتين من السليكا الرباعية مع صفيحة من الألومينا الثمانية إلا أنه بدلاً من وجود البوتاسيوم الذي يقوم بدور الربط بين الوحدات البللورية في طين الابلات، توجد صفيحة البروسايت Brucite وهي عبارة عن سلاسل من ايدروكسيد المغنيسيوم $Mg(OH)_2$ تقوم بالربط بين الوحدات البللورية لهذا الطين .

أما طين الفرميكيولايت Vermiculite وهو عبارة عن طين ٢ : ١ يشبه في تركيبه طين الابلات إلا أنه بدلاً من البوتاسيوم توجد بين الوحدات البللورية طبقات من جزيئات الماء تقدر بسمك جزيئين فقط يشكلان صفيحة واحدة . وهذا الماء يمكن أن يخرج عند تسخين الطين على درجة ٥٠٠°م ولكنه يعود فيرسب ثانية بعد ذلك نظراً لقابلية الطين للتأدرت ، أما إذا سخن الماء على درجة ٧٠٠°م فالطين يفقد قابليته للتأدرت عند هذه الدرجة .

كذلك قد تحوي الأراضي بعض الأكاسيد المتأدرتة من الحديد والألومنيوم في صورة غروية ، وهذه واسعة الانتشار في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية وكذلك في أراضي البودسول . أو تكون كربونات كالسيوم في صورة غروية وتسمى كالكسيت وتنتشر في المناطق شبة الجافة والجافة . كما قد توجد السليكا المنفردة في صورة ألفا-كوارتز أو بيتا كوارتز .

تعيين أنواع معادن الطين :

لتعيين أنواع معادن الطين تتبع عدة طرق ، وكلها مكتملة لبعضها البعض ، إذ لا تكفي طريقة واحدة للحكم على نوع معدن الطين . وتتلخص طرق معرفة الطين بالتالي :

١ - التحليل الكيميائي للفضار : وذلك بواسطة التحليل الانصهاري Fusion باستعمال كربونات الصوديوم داخل بوتقة البلاتين حيث ترفع الحرارة إلى ٩٠٠°م وهي كافية لصهر الطين ويجري تقدير مكونات الطين من السليكا والألومينا والحديد والتقواء-د الأرضية وذلك في صورة أكسيد . ثم تحسب نسبة السليكا للألومينا ، والسليكا لأكسيد السداسية ، فإن كانت النسبة منخفضة أي قريبة من الواحد

دل على احتمال وجود الكاؤولينيت ، وان كانت النسبة أكبر من ٢ دل على وجود معدن طين نوع (٢ : ١) . إلا أنه يلاحظ أن معدن الطين المفصول للتحليل الانصهاري والذي قطره أقل من ٢ ميكرون ربما يحتوي بعض أكاسيد الحديد والالومنيوم في صورة منفردة ، أو بعض السليكا المفردة وعند الحساب تعطي نتائج للسليكا والالومنيا مضللة .

وتوجد هناك طرق كيميائية معينة للتخلص من أكاسيد الحديد الحرة قبل البدء بتحديد نوع معدن الطين ، أما السليكا المفردة فيجري تحديدها أثناء فحص الطين بالأشعة السينية أو التصوير بالمجهر الإلكتروني .

٢ - استخدام الأشعة السينية X-Rays وقياس أسطح وأبعاد الطبقات : وفيها تعرض عينة الطين المراد فحصها الى أشعة س لمدد مختلفة من الزمن ، فتعكس الأشعة الساقطة على أسطح بلورات الطين بزوايا معينة ، وتصطدم هذه الأشعة المنعكسة من أسطح الطين بفيلم حساس موضوع بعيداً عن العينة - وتكون أماكن اصطدام هذه الأشعة المنعكسة بالفيلم ثابتة طوال مدة التعريض للأشعة السينية ، ويكون البعد بين الأماكن التي توضحها الأشعة المنعكسة ثابتة لكل نوع من الطين ويتوقف ذلك على عدد ونوع الصفائح المكونة للوحدة البلورية وبالتالي على سمك الوحدة البلورية ، وتكون زاوية الانعكاس بما يتلاءم مع سمك الصفائح حيث تقاس وفقاً لقانون براج Bragg وهو :

$$2 d \sin \theta = n \lambda$$

حيث أن :

n = عدد ثابت

λ = طول أشعة س المستخدمة

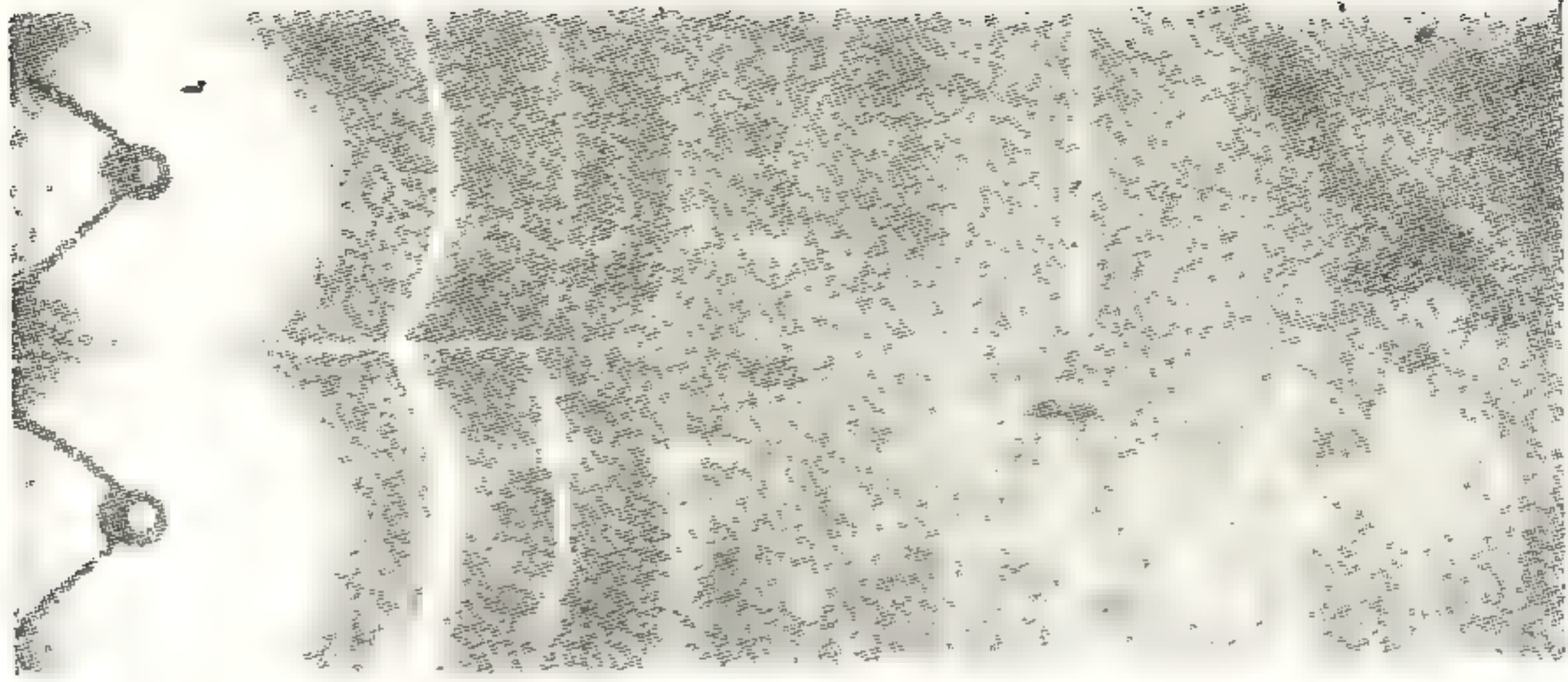
d = سمك الطبقة الواحدة في الصفيحة البلورية

θ = زاوية الانعكاس

وعند سقوط الأشعة المنعكسة على الفيلم الحساس الموضوع تترك أثراً ثابتاً يحدد موقعه بسمك الطبقات المختلفة في الوحدة البلورية .

وبعد اخراج الفيلم وتحميضه (إظهاره) تقاس المسافات بين الخطوط المختلفة المتكونة ، وتقارن المسافات بين الخطوط الناتجة بجداول خاصة لكل مجموعة من مجاميع الطين ، وبالتالي يمكن تحديد نوع معدن الطين .

وبين الشك (٣٥) فيلمان لطين المونتوريبلونيت المأخوذان عند تعريض الطين للأشعة السينية كما بين الجدول (١٦) المسافات بين الخطوط مع شدة الضوء لأنواع الطين الثلاثة .



شكل (٣٥)

فيلمان مأخوذان لطین المونوموريلالونایت بطريقة الاشعة السينية

جدول (١٦) المسافات وشدة الضوء لأنواع طين كاؤولينيت ،

مونوموريلالونيت ، ايلایت

الكاؤولينيت		مونوموريلالونيت		إيلایت	
قوة الضوء	د	قوة الضوء	د	قوة الضوء	د
قوي جداً	٧١١٥	قوي	٩١٦	قوي	٩١٩٨
قوي جداً	٣٠٥٧	متوسط	٥١٠٦	قوي	٤١٤٧
قوي	٢١٥٥	قوي جداً	٤١٤٦	متوسط	٣١٣١
قوي	٢١٤٨	قوي	٢١٥٥	ضعيف جداً	٢١٨٤
				قوي	٢١٥٦
متوسط	٢١٣٧	ضعيف جداً	٢١٢٢	متوسط	٢١٣٨
قوي جداً	٢١٣٣	متوسط	١١٦٩	متوسط	٢١٢٤
قوي	٢١٢٨	قوي جداً	١١٤٩	متوسط	١١٩٨
متوسط	١١٩٩	متوسط	١١٢٩	متوسط	١١٦٤
قوي	١١٦٦	ضعيف	١١٢٤	قوي	١١٥٠
قوي	١١٤٩	ضعيف	١١٩٧	متوسط	١١٢٩

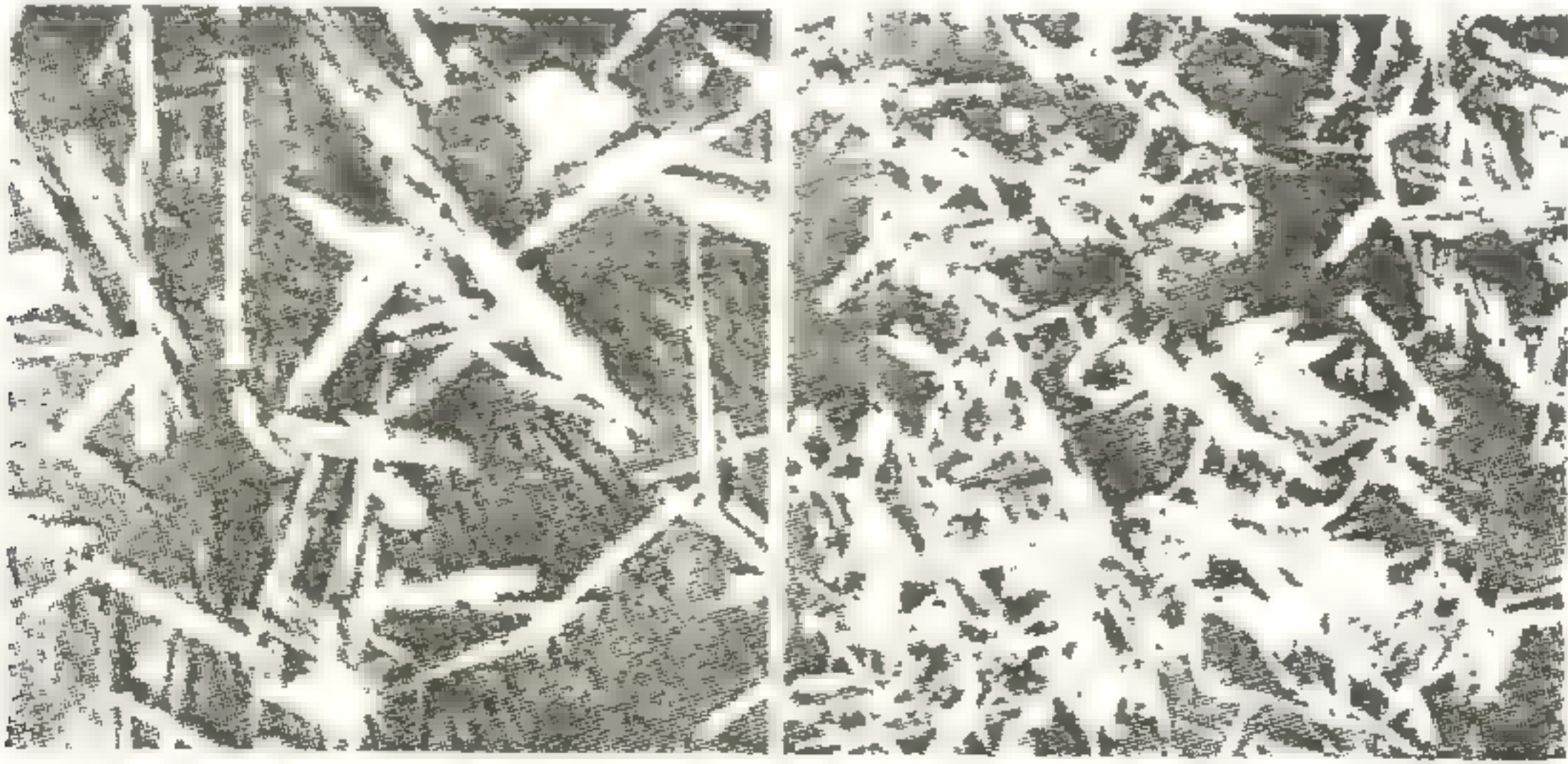
ولقد استعمل المؤلف الأشعة السينية في تقديره لأنواع الطين للطبقات السطحية المأخوذة من مناطق الجزيرة (شمال الحسكة) ، واريزونة. على طريق طرطوس - حمص ، وحلاين قرب مصيف ، ووجد انها تتكون من :

آ - في منطقة الجزيرة : مونتوريلاونيت ، ألفا - كوارتز ، كالسيت ، أكاسيد حديد حرة - بعض الاتابولجيت .

ب - في منطقة اريزونة - مونتوريلاونيت (ساند) ، قليل من ألفا - كوارتز ، أكاسيد حديد حرة .

ج - قرية حلاين : مونتوريلاونيت ، ألفا - كوارتز ، كاؤولينيت ، أكاسيد حديد حرة ، كالسيت .

٣ - استخدام المجهر الالكتروني في تصوير معادن الطين ، ومعرفة أبعاد واشكال بلورات معادن الطين المختلفة . ويمكن بها الجهاز الحصول على صور مكبرة ٣٠٠٠ - ١٥٠٠٠ مرة ، ويمكن تكبير الصور المأخوذة من ٣ - ٥ مرات ، ويبدو طين الكاؤولينيت كحبيبات سداسية الشكل محدودة الحواف تامة التكوين ؛ بينما يبدو الايليت كقشور متحدة في مجاميع غير منتظمة وهي اصغر حجماً من الكاؤولينيت أما المونتوريلاونيت فليس له شكل محدد خاص ، ولذلك تبدو في الصورة كالفن المدفوف - بينما يبدو الاتابولجيت إيري الشكل - شكل (٣٦) .



شكل (٣٦)

طين الاتابولجيت مأخوذ من البادية السورية الى اليمين
- بين تدمر والبوكمال - الى اليسار بين تدمر وقرقلس

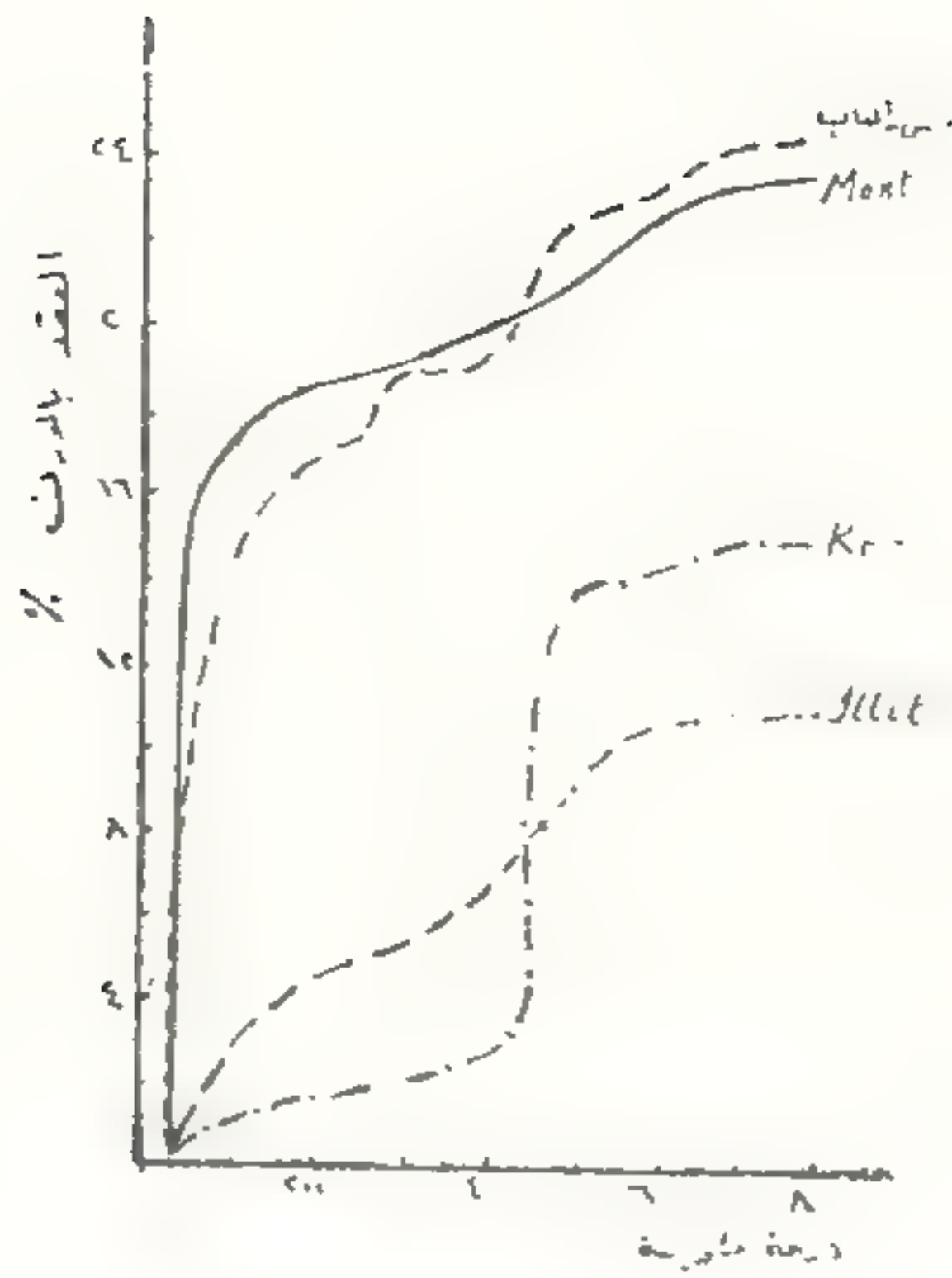
٤ - تقدير السعة التبادلية لمعدن الطين Cation Exchange Capacity : وذلك بمعاملة الطين بحلول أساسي من خلات الأمونيوم ثم تقدر كمية الأمونيوم بالمليمكافىء لكل ١٠٠ غ طين التي تبادلت على معدن الطين . واقد وجد ان قدره معادن الطين على تبادل الكاتيونات تختلف كثيراً تبعاً لمقدار الشحنة السالبة التي يحملها الطين . ويمكن توضيح قدرة الطين على التبادل بالتالي :

الكأؤولينيت	٣ - ١٠	مليمكافىء/١٠٠ غ طين
المونتموريلونيت	٨٠ - ١٥٠	" " "
الايلايت	٢٠ - ٤٠ - ٦٠	" " "
كلوراي	١٠ - ٤٠	" " "
فيرميكيولايت	١٠٠ - ١٥٠	" " "

واقدر المؤلف السعة التبادلية لعينات طين مأخوذة من مناطق مارع قرب اعزاز ، قباسين قرب الباب ، وتل حاجب في جبل الحص جنوبي حلب ، وقرب الجبول ، فوجد أنها تبلغ على الترتيب : ٧١٩٧ ، ٦٦٩٣ ، ٧٣٩١ ، ٧١٩٢ مليمكافىء/١٠٠ غ طين ، مما دل بالاضافة الى غيرها من طرق التقدير أن الطين السائد في هذه المناطق هو من مجموعة المونتموريلونيت .

٥ - منحنيات التجفيف Dehydration curves : ويمكن الحصول عليها بعد تعريض معدن الطين الى درجات حرارة مختلفة تتراوح من ٥٠ - ١٠٠ - ١٥٠ وهكذا حتى ٩٠٠°م بمعدل ساعتين لكل درجة ، فينطلق الماء من الطين وتقدر النسبة المئوية لفقد بلوزن نتيجة التسخين على درجات مختلفة . ويمكن رسم منحنيات التجفيف Dehydration curves لكل نوع من معادن الطين بحيث تمثل الحرارة على المحور الافقي ، والفقد بلوزن على المحور الرأسي ، شكل (٣٧) . ومن مقارنة منحنى الطين تحت الدراسة مع المنحنيات الثابتة لأنواع معادن الطين يمكن الاستدلال على نوع معدن الطين المدروس . وواضح من الشكل ان طين المونتموريلونيت يفقد كمية كبيرة من مائه في درجات الحرارة المنخفضة (أقل من ١٠٠°م) ثم يستمر في الفقد التدريجي . أما الكأؤولينيت فان الفقد الرئيسي لمائه يكون بين ٤٥٠ - ٥٥٠°م ، ويسلك الايلايت سلوكاً متوسطاً بين النوعين السابقين . وعند رسم منحنيات التجفيف لعينات طين المناطق : مارع ، الباب ، تل حاجب ، الجبول ، وجد المؤلف انها تسلك سلوك منحنيات مجموعة المونتموريلونيت .

٦ - التحليل الحراري التفاضلي Differential thermal analysis : ويتم القياس بهذه الطريقة بوضع العينة المراد اختبارها بجانب مادة المقارنة . على قاعدة من النيكل بها حفرتين ، احدها لوضع مادة المقارنة ، والاخرى لوضع عينة الطين . ومادة المقارنة تكون عادة مادة خاملة حرارياً Inert Materials مثل الألومينا المحترقة . ثم توضع القاعدة بانفرن وترفع الحرارة تدريجياً حتى ١٠٠٠°م بمعدل ٢٠°م بالدقيقة.



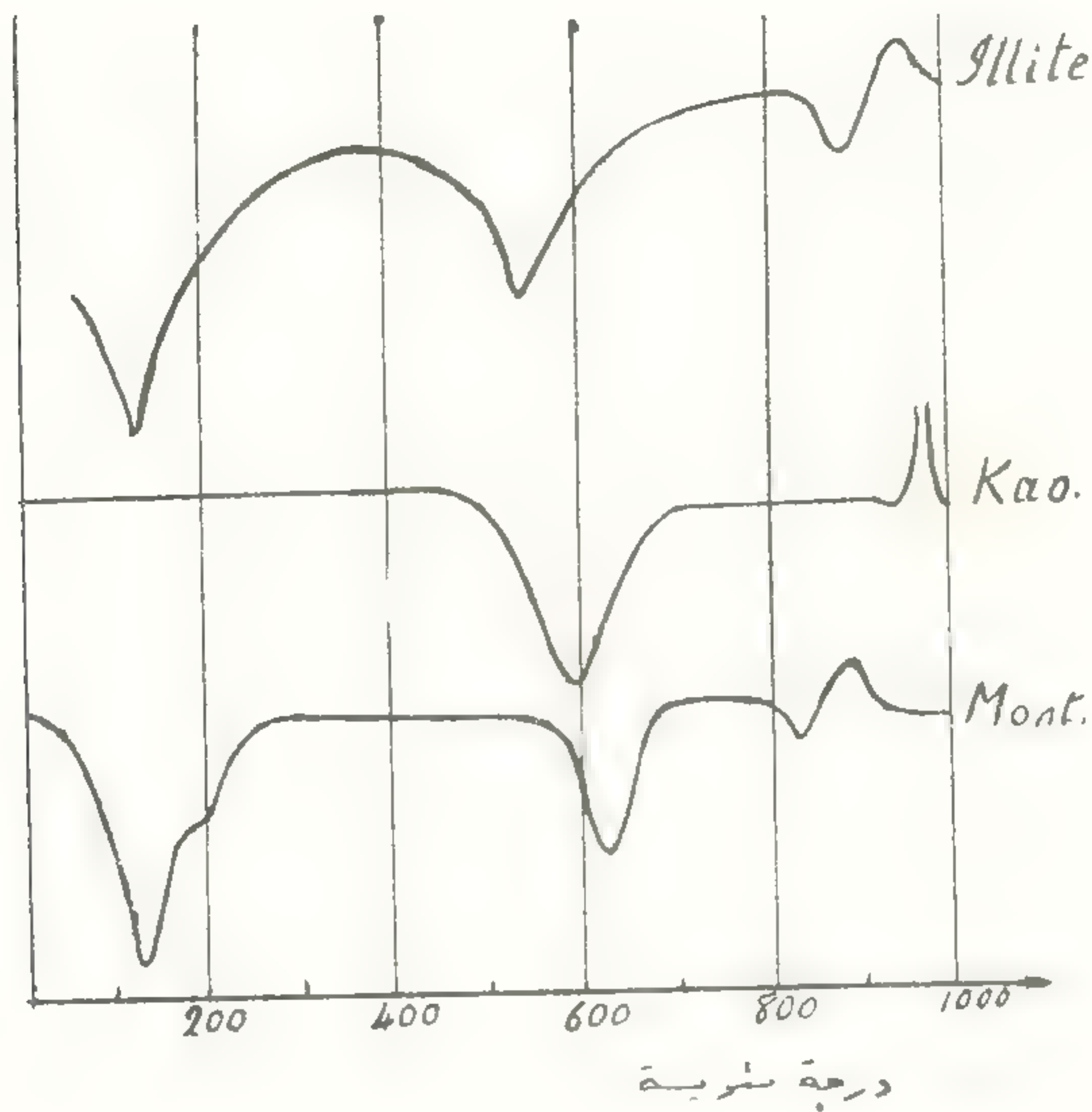
شكل (٣٧)
منحنيات التجفيف لمعدن طين المونتموريللونيت
والكاؤولينيت وطين من منطقة الباب (زين العابدين)

فترتفع درجة حرارة مادة المقارنة بانتظام ، بينما ترتفع درجة حرارة الطين بدرجات متفاوتة ، وهذه الطريقة لا تقيس درجة حرارة الطين وإنما تقيس التغير الحراري للعينة بالنسبة لمادة المقارنة . والذي يحدث ، نوعان من التغير الحراري : الأول تغير حراري ناشئ للحرارة Exothermic reaction ويحدث نتيجة لتكوين صور وأشكال جديدة من الأكاسيد ويحدث ذلك في الحرارة المرتفعة ، أو يحدث نتيجة احتراق المادة العضوية مثلاً إذا لم ينخلص منها مسبقاً . ويرافق ذلك إطلاق حرارة .

والآخر - تغير حراري ماص للحرارة Endothermic reaction ويحدث نتيجة فقد الطين للماء سواء الممتص أو الداخل في التركيب البللوري للطين ، ويرافق ذلك انخفاض الحرارة نتيجة الحاجة لها للتبخير .

أما إذا لم يكن هناك أي تفاعل حراري ماص أو ناشئ فإن حرارة مادة المقارنة تنطبق على حرارة الطين . والمادة أن يقوم المؤشر بتسجيل ذلك آلياً . واقتد وضعت لكل نوع من معادن الطين رسوماً بيانية خاصة به توضح درجات الحرارة التي تحدث عندها التغيرات الحرارية كما في شكل (٣٨) .

وواضح من هذه الطريقة انها تشابه تقريباً منحنيات التجفيف من حيث فقد الماء ، ولكن بدلاً من قياس وزن الماء المفقود يقاس الاختلاف في درجة الحرارة ، بين الطين ومادة المقارنة ، الناشئ عن تبخير الماء عند التسخين في الدرجات المختلفة .



شكل (٣٨)
منحنيات التحليل الحراري التفاضلي لمعدن الطين

الطين في الاراضي :

في العادة لا يوجد معدن واحد يشكل مجموع طين ارض معينة ، بل يتكون الطين في الاراضي من عدة معادن غروية مختلفة . وفي الارض الواحدة قد يتغير مخلوط الطين من أفق الى أفق آخر ، إذ أن نوع الطين الناتج عن التطور ، لا يتوقف على الاختلافات المناخية وظروف القطاع فقط ، بل يتوقف على طبيعة مادة الاصل ايضاً ، وفي الاراضي السورية ، لم تجر بعد تحليلات كثيرة لتقدير انواع لطين في المناطق المختلفة ، ولقد وجد Muir ان الاراضي الصحراوية تحوي نسبة عالية من الاتابولجيت

مع بعض الكاؤولينيت وما يشبه الايلايت . بينما وجد في المناطق نصف الجافة سيادة الايلايت والكاورايت مع بعض الاتابولجيت والكاؤولينيت والالفا - كوارتز ، ولكنه لم يجد أكاسيد حديد حرة . بينما وجد في المناطق شبه الرطبة ما يشبه الكاؤولينيت مع جوثيت . اما في المناطق الرطبة فاقد وجد سيادة المونتموريللونيت مع بعض الجوثيت .

واقد قدرت حمزاوي نوع الطين في عينات مأخوذة من اراضي الجمهورية فوجدت في عينة من منطقة اللادقية وجود الدولوميت والكالسيت والفا - كوارتز ، وجوثيت . وفي عيتين من الفوطة بدمشق وجدت في واحدة منها : الفا كوارتز - كاؤولينيت ، وطين يتكون من طبقة مونتموريللونيت واخرى ايليت . وفي العينة الاخرى وجدت : دولوميت ، كالسيت ، الفا - كوارتز ، كاؤولينيت ، اتابولجيت ، وإيلايت .

واقد وجد المؤلف سيادة المونتموريللونيت في اراضي حوران وحلب والجزيرة وبعض المناطق الساحلية ، وكذلك سيادة الاتابولجيت في البادية ، وفي المناطق الرطبة توجد بعض أكاسيد الحديد الحرة ، بينما في بقية المناطق يوجد بعض من الفا - كوارتز الناتج عن انفراط السليكا وبقائها في صورة حرة . كما يوجد الكالسيت في المناطق الجافة ونصف الجافة .



الفصل الثاني

تبادل الكاتيونات في الاراضي

مقدمة :

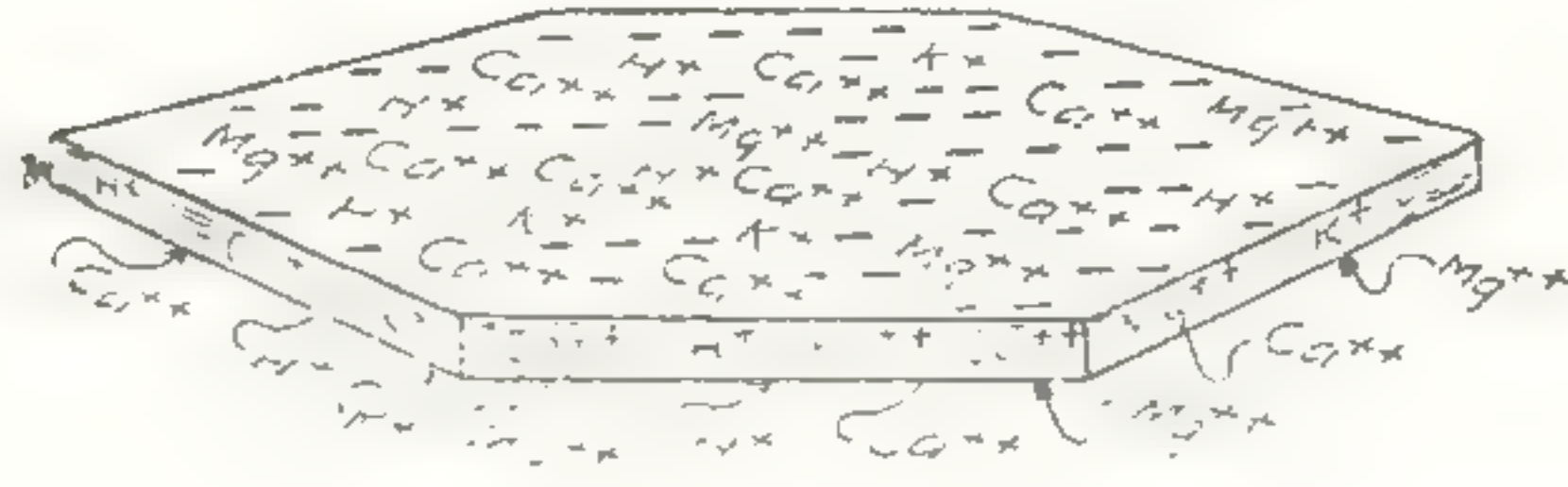
تحمل حبيبات الطين شحنات كهربائية سالبة ، تبعاً لطبيعة تركيبها الجزيئي ولذلك نجدها تعمل كمشق حامضي بسيط مثل الكلور والكبريتات . حيث تتجه ، إذا مرر في الوسط تيار كهربائي ، نحو القطب الموجب . أي انها تسلك سلوك الايونات السالبة Anions . ولكي يتم التوازن الكهربائي تجذب حبيبة الطين حولها مجموعة من الايونات الموجبة Cations ، حيث يكون جزء من هذه الايونات الموجبة قابل للتبادل مع غيرها . ويصحب سرب الكاتيونات المنتشرة حول النواة كمية غير ثابتة من جزيئات الماء . وتمثل الطبقة الداخلية وهي الشحنات الكهربائية السالبة جزءاً من جدار حبيبة الطين الفروي التي تسمى للسهولة الذوابة Nucleous أو مايسيل Micele أو Acidoid . بينما تتكون الطبقة الخارجية من شحنات موجبة تنتشر حول المايسيل على شكل سحب ، وهي تبعد عن الشحنات السالبة بمسافات تساوي أبعاد الجزيء . وهذه الطبقة الخارجية ، يمكن أن تشغلها ايونات موجبة الشحنة من البوتاسيوم والصوديوم والكالسيوم والمغنيسيوم وغيرها ، كالحديد والألومنيوم . . الخ .

ويطلق البعض على حبيبة الطين سالبة الشحنة وعلى ما تمتصه من كاتيونات ، اسم كهربائية ذات طبقتين مختلفتين في الشحنة Electrical Double Layer وبين الشكل (٣٩) رسماً توضيحياً لحبيبة طين شغل سطحها بالكاتيونات .

وترجع الشحنات السالبة الموجودة في معدن الطين الى ثلاثة عوامل :

١ - الاحلال التاملي Isomorphous substitution في البناء البللوري : حيث ذكر سابقاً أن

في جميع أنواع الطين يمكن الألومنيوم أن يحل محل السيليكون في الصفحة الرابعة ، كما يمكن لمغنيسيوم والحديدوز وغيرها من الكاتيونات أن تحل محل الألومنيوم في الصفحة الثمانية ، وينشأ عن ذلك اختلال في توازن الشحنات ، حيث تزيد الشحنات السالبة الموجودة في البناء البلوري لمعدن الطين. وإلى هذا يرجع السبب الرئيسي لوجود الشحنات السالبة في حبيبة الطين . والاحلال التاملي يكون في معدن طين المونتموريللونيت أكثر وضوحاً مما في بقية الانواع .



شكل (٢٩)

شكل توضيحي لبلورة طين (مايسيل) وحولها الكاتيونات

٢ - الأيدروجين المعرض في مجاميع الأيدروكسيل : حيث قد يحل محل الأيدروجين المعرض في مجاميع الأيدروكسيل (OH) الداخلة في البناء البلوري أي كاتيون آخر ، ويمكن لهذا الكاتيون الذي تبادل مع الأيدروجين أن يتبادل مع أي كاتيون آخر .

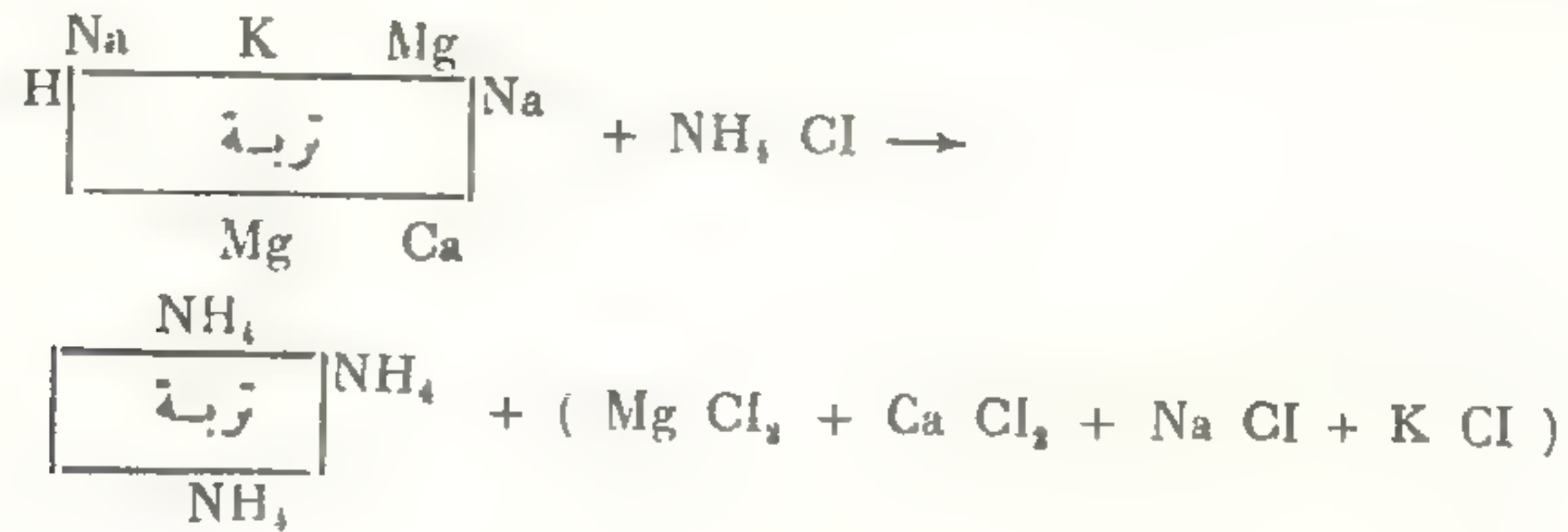
٣ - الروابط المكسرة Broken Bonds الخارجية : وتنشأ نتيجة احتكاك حبيبة الطين مع ما يجاورها من مواد صلبة أن تتكسر حواف معدن الطين وبالتالي تفقد بعض الكاتيونات وتصبح كمية الشحنة السالبة أكبر حيث تؤدي إلى عدم توازن الشحنات مما ينتج عنه امتصاص الكاتيونات . وهذا هو السبب الرئيسي في القدرة التبادلية لمعدن الكاؤولينيت .

تبادل الكاتيونات Cation Exchange :

تعتبر عملية تبادل الكاتيونات في الأرض من أهم الفعالات التي تحدث في التربة ، فلو أضفنا إلى كمية معينة من التربة محلولاً متعادلاً من كلوريد الأمونيوم أو خلاص الأمونيوم بتركيز معين ، ثم مزجناها سوية بواسطة جهاز الرج ، ورشحنها ، وغسلنا التربة بماء غير قطبي كالبنزين وذلك للحصول على جميع الراشح ، الذي احتفظت به التربة ، ثم اختبرنا الراشح لما يحويه ، لوجدنا أن هذا الراشح يختلف في

تركيبه الكيميائي عن المحلول المضاف . وعند مقارنة كمية كاتيون الامونيوم الموجودة أصلاً في المحلول المضاف بكمية كاتيون الامونيوم الموجودة في المترشح ، نجد أنها تقصت في المترشح بمقدار يكافئ (على أساس الاوزان المكافئة) كاتيونات جديدة ظهرت فيه لم تكن موجودة أصلاً في المحلول المضاف .

وإذا حللنا التربة نجد ان كمية الامونيوم التي امتصتها التربة تكافئ كمية الامونيوم التي تقصت في المترشح عن المحلول المضاف . والمعادلة التالية توضح ذلك :



ويطلق على هذه المعادلة اسم تبادل الكاتيونات . وفي المادة تكون تفاعلات تبادل الكاتيونات عكسية ، إلا أنه في المعادلة السابقة يسير التفاعل في اتجاه واحد نظراً لزيادة تركيز كلوريد الامونيوم . ويمكن التعبير عن الكلام السابق بالمعادلة :

NH_4 في المحلول الأصلي - NH_4 في المترشح = NH_4 في التربة = الكاتيونات المتبادلة .
ولقد أمكن نتيجة للتجربة السابقة الوصول الى الاستنتاجات التالية :

١ - ان كاتيون الامونيوم في المحلول المضاف يحل محل كمية مكافئة من الكاتيونات الموجودة في مركب الامتصاص ، وتظهر هذه الكاتيونات الجديدة في المحلول الراشح ويطلق عليها اسم الكاتيونات المزاحة Displaced من التربة ، كما تسمى بالكاتيونات المتبادلة Exchangeable Cations .

٢ - نعرف هذه الظاهرة بتبادل الكاتيونات ، ونعرف بأنها العملية التي تتبادل فيها كاتيونات مركب الامتصاص بكاتيونات محلول التربة أو الوسط المعلق .

٣ - ان عملية تبادل الكاتيونات تحدث بسرعة كبيرة جداً ، وهي تفاعل سطحي وعكسي ايضاً .

٤ - يعبر عن مجموع الكاتيونات القابلة للتبادل اسم سعة تبادل الكاتيونات في التربة Cation Exchange Capacity . وتقاس سعة التبادل للأرض بعدد المليمكافئات من الكاتيونات القابلة للتبادل في ١٠٠ غ تربة .

وتختلف الاراضي في قدرتها على تبادل الكاتيونات ، إذ تتوقف قدرة الأرض على التبادل على

العوامل التالية :

١ - نسبة الطين في الارض : إذ كلما زادت نسبة الطين كلما زادت قدرة الارض على التبادل ، لأن الطين هو الذي يقوم بهذه العملية ، وعلى ذلك فقدرة التبادل للارض الطينية أعلى منها في الطميية ، وهذه أعلى منها في الرملية ، وتكون سعة التبادل بسيطة جداً في الاراضي الرملية ، بينما تصل حتى ٥٠ ملليمكافىء / ١٠٠ غ تربة كحد أقصى في الاراضي الطينية الثقيلة ، أو الغنية بالمواد العضوية .

٢ - نوع معدن الطين في التربة : فالسعة التبادلية لطين المونتموريلونيت من ٨٠ - ١٥٠ ملليمكافىء . وللكاؤولينيت ٣ - ١٠ ملليمكافىء ولللايليت من ٢٠ - ٤٠ - ٦٠ ملليمكافىء .

٣ - كمية الدبال في الاراضي : وجد أن نسبة التبادل للفرويات المعدنية أقل من سعة التبادل للفرويات العضوية إذا ما قورنت على أساس وزن متساو من كليهما . فبينما تتراوح سعة التبادل للفرويات المعدنية من ٣ - ١٥٠ ملليمكافىء / ١٠٠ غ معدن ، تبلغ هذه الكمية ٢٥٠ - ٤٥٠ ملليمكافىء / ١٠٠ غ دبال .

درجة تشبع الارض بالقواعد :

إذا كانت سعة التبادل في الارض كلها مشبعة بالقواعد الارضية ، فنسمى الارض عند ذلك مشبعة بالقواعد Base saturated كما في حالة أراضي المناطق الجافة ، أما في المناطق الرطبة فنجد أن بعض القواعد المتبادلة يحل محلها الايدروجين ، وفي هذه الحالة تكون الارض غير مشبعة بالقواعد Base unsaturated ، وتكون :

سعة التبادل = كمية القواعد المتبادلة + كمية الايدروجين المتبادل .

ودرجة تشبع الارض بالقواعد تقدر بالمعادلة :

$$\text{درجة التشبع بالقواعد} = \frac{\text{كمية القواعد المتبادلة (بالملليمكافىء)}}{\text{الكمية الكلية للكاتيونات المتبادلة (بالملليمكافىء)}} \times 100$$

وتقدر سعة التبادل للارض بمعاملة وزن معين منها بمحلول خلات الامونيوم حيث يتشبع مركب الامتصاص بالامونيوم ثم تغسل التربة بمحلول غير قطبي (ولا تغسل بالماء حتى لا يحدث تحلل مائي Hydrolysis) ثم تقطر التربة لاستخلاص الامونيوم ومن ثم تقديره .

أما لتقدير القواعد المتبادلة في الارض فيعامل وزن معلوم من الارض ١٠٠ غ مثلاً بمحلول كلوريد الامونيوم ، ثم تقدر كميات القواعد في المترشح أي كميات الكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم والبوتاسيوم . فإذا فرض على سبيل المثال أن مقدار الكالسيوم كان ٠.٠٩٢٠ غ والمغنيسيوم ٠.٠١٠٨ غ والبوتاسيوم ٠.٠٠٧٨ غ والصوديوم ٠.٠٢٣ غ . تقدر كمية الملليمكافيات للقواعد الأربعة بقسمة الوزن الناتج لكل منها على وزنه المكافىء ثم يضرب الناتج بـ ١٠٠ / .

وتكون النتيجة كالتالي :

$$\text{الكالسيوم المتبادل} = \frac{0.0930}{20} \times 1000 = 46 \text{ ملليمكافىء}$$

$$\text{المغنيسيوم المتبادل} = \frac{0.0108}{12} \times 1000 = 9$$

$$\text{البوتاسيوم المتبادل} = \frac{0.0078}{39} \times 1000 = 2$$

$$\text{الصوديوم المتبادل} = \frac{0.0023}{23} \times 1000 = 1$$

ويكون مجموع الكاتيونات المتبادلة = 58 ملليمكافىء .

فإن كانت سعة التبادل الأرض تساوي مجموع القواعد المتبادلة لها كانت الأرض مشبعة بالقواعد ،
وان كانت سعة التبادل أكبر من مجموع القواعد المتبادلة كانت الأرض غير مشبعة بالقواعد .

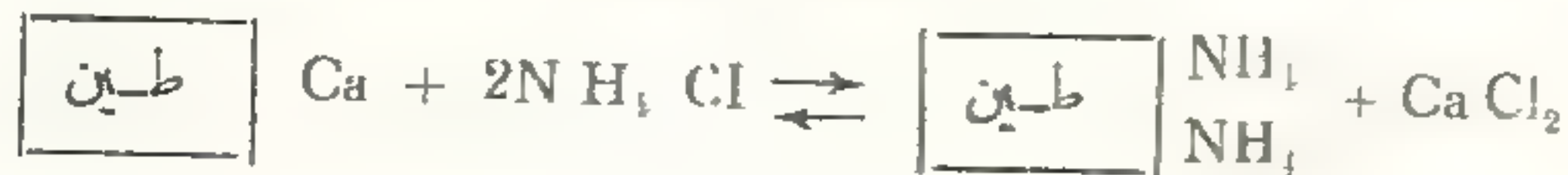
ولقد وجد أن الكالسيوم يشغل في الأراضي العادية 80٪ من سعة التبادل لها ، والمغنيسيوم
5 - 15٪ ، بينما يشغل البوتاسيوم والصوديوم الباقي .

وفي الأراضي الجيرية يصعب تقدير كمية الكالسيوم والمغنيسيوم المتبادلة نظراً لوجود كربونات
الكالسيوم أو المغنيسيوم والتي يذوب منها باستمرار فتزيد من كمية الكالسيوم والمغنيسيوم المتبادلين
المقدران ، ولذلك تحرى عملية تقدير الكاتيونات المتبادلة في الأراضي الجيرية بتقدير الصوديوم والبوتاسيوم
المتبادلين ، حيث تطرح كميتهما من السعة الكلية للتبادل ، ويجري تقدير السعة الكلية بأشباع الطين
بالصوديوم عن طريق الإضافات المتتالية من خلاص الصوديوم ، ثم إحلال الامونيوم محل الصوديوم المتبادل
باستعمال إضافات متتالية من خلاص الامونيوم ، حيث يجمع السائل ويجري تقدير الصوديوم فيه .

العوامل التي يتوقف عليها تبادل الكاتيونات :

تتوقف قدرة أي كاتيون على الإحلال محل كاتيون آخر في الأرض على العوامل الآتية :

١ - درجة تركيز محاليل الكاتيونات المضافة : وجد أنه كلما زادت كمية الكاتيونات المضافة
تركيزاً كلما زاد عدد الكاتيونات الخارجة من الأرض . ويرجع هذا أساساً لقانون فعل الكتلة .



٢ - قدرة الكاتيون على التبادل : تزداد قدرة الكاتيون على الدخول في مركب الامتصاص كلما كانت قوة ادمصاصه أكبر وبالتالي تزداد قدرته على التبادل . واقد وجد أن قوة ادمصاص الكاتيون تتوقف على :

آ - حجم الكاتيون . ب - درجة تأدرته . ج - وزنه الذري .

وجد أن قدرة الكاتيون على الدخول في مركب الامتصاص تزداد بزيادة وزنه الذري مادام التكافؤ متساوياً . ففي الكاتيونات الاحادية تزداد كمية الكاتيونات الممتصة بالترتيب الآتي :

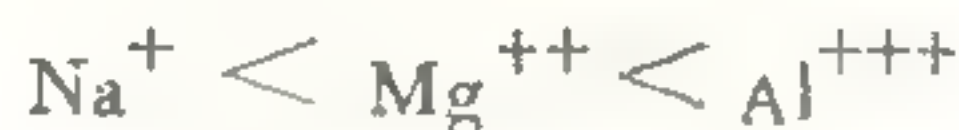
الكاتيون : ليثيوم > صوديوم > بوتاسيوم > روبيديوم > سيزيوم .
وزنه النوعي : ٧ ٢٣ ٣٩ ٨٥ ١٣٣ .

أما الكاتيونات الثنائية : مغنيسيوم (٢٤) > كالسيوم (٤٠) > باريوم (١٣٧) .
وفي الكاتيونات الثلاثية : ألومينيوم (٢٧) > حديد (٥٦) .

وقد وجد بدراسة درجة تأدرت الكاتيونات النسبية ، أي سمك الغشاء المائي الموجود حول كل كاتيون الى نصف قطر الكاتيون ، ان السمك النسبي لليثيوم ١٢٠ والصوديوم ٦٦ والبوتاسيوم ١٧ . ومعنى هذا أن سمك الغشاء المائي الكبير يقلل سرعة حركة الكاتيون ، وبذلك لا يستطيع الاقتراب من النواة بل يبقى بعيداً عنها . ومن ثم كان دخول الليثيوم مثلاً الى مركب الامتصاص أصعب من دخول الصوديوم ، وهذا أصعب من البوتاسيوم . وأما القدرة على خروج الكاتيونات من مركب الامتصاص فتكون بعكس القدرة على الدخول فيه . فخرج البوتاسيوم أصعب من الصوديوم ، وهذا أصعب من الليثيوم . ولذلك نجد قلة انتشار الصوديوم في مركب الامتصاص الاراضي الواقعة في المناخ الرطب ، بينما يكون الكالسيوم أكثر انتشاراً .

وينطبق هذا الكلام ايضاً على كل من الكاتيونات ثنائية وثلاثية التكافؤ .

٣ - التكافؤ : وجود انه كلما زاد عدد الشحنات الكهربائية على الكاتيون كلما كان أقدر على الدخول في مركب الامتصاص . فالكاتيونات الاحادية التكافؤ أقل قدرة من الثنائية ، وهذه أقل من الثلاثية :



٤ - نوع الانيون المرافق : بعض الانيونات تساعد على دخول الكاتيونات في مركب الامتصاص أكثر من البعض الآخر ، فأنيونات الكبريتات والفوسفات تساعد أكثر من الكلوريد والبروميد . ويفسر ذلك بأن درجة تأدرت الكاتيونات مع الكبريتات والفوسفات تكون أقل من درجتها مع الكلوريس والبروميد ، وبذلك يسهل دخولها في مركب الامتصاص .

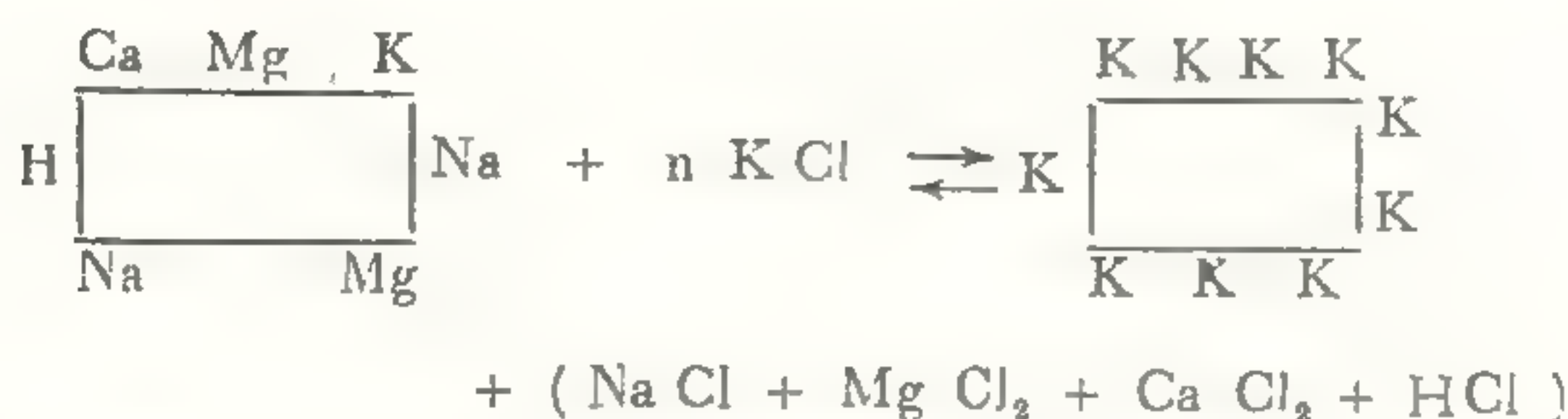
وللايدروجين وضماً شاذاً عن القواعد الخمسة السابقة ، فالبرغم من أنه أحادي التكافؤ ، كبير التأدرت ، ووزنه الذري صغير جداً ، إلا أنه أقدر على التبادل من باقي الكاتيونات .

ويمكن ترتيب الكاتيونات عموماً حسب قدرتها على التبادل كالتالي :

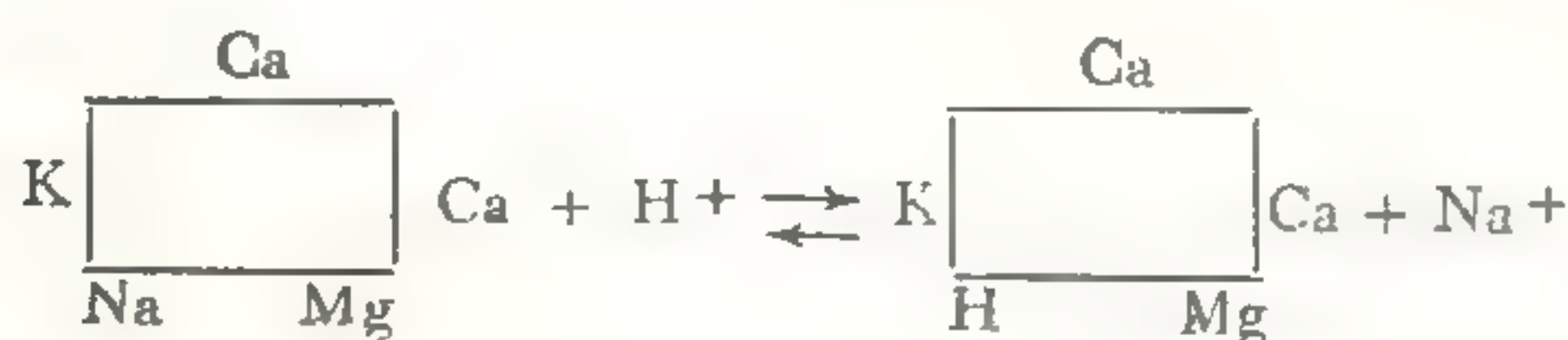


خصائص الطين المشبع بالقواعد وغير المشبع بالقواعد :

يمكن مخبرياً تحضير تربة أو طين بوتاسيومي أو كلبي أو صودي أو ايدروجيني أو غير ذلك ، وذلك بمعاملة التربة أو الطين بملح الكاتيون المرغوب إشباع التربة به . فلتحضير طين بوتاسيومي تعامل التربة بكمية كبيرة من محلول كلوريد البوتاسيوم فينتج بعد مدة من الزمن تربة ذات طين بوتاسيومي ويتم ذلك كالتالي :



ولقد لوحظ في أراضي المناطق الباردة الرطبة أن الأرض غير مشبعة بالقواعد . ويرجع ذلك إلى أن عملية الفسيل التي تنتج عن المطر تفقد الأرض قواعدها ، وبذلك يحل الايدروجين محل هذه القواعد مكوناً طين الايدروجين الحمضي .



وفي الطبيعة قد توجد أراضي يسود فيها أحد الكاتيونات على مجموعة الكاتيونات القابلة للتبادل ، فتأخذ الأرض خصائص الطين المشبع بالكاتيون السائد . والواقع فإن خواص الطين تختلف اختلافاً كبيراً حسب نوع الكاتيون المشبع به ، ويمكن توضيح ذلك بالتالي :

الطين الكلبي : يتجمع في معلق الماء ، ويرسب بسرعة لكبر حييائه نسبياً ، ولا يحتوي إلا قليلاً من الحبيبات تظل في حالة عروية . وجمعاته ثابتة لا تتأثر بفعل الماء . يتشبع بنحو ٦٠٪ من وزنه بالماء . عندما يجف يكون هشاً سهل التفكك . وإذا وجد في الأرض أصبح مسامية ، سهلة الرشح للماء .

الطين الصودي : صعب التجمع جداً ، وقد يظل في حالة تعليق في الماء شهوراً طويلة دون أن

يرسب ، بسبب دقة جزيئاته وتفرقها . وهو يتشبع بنحو ٩٠٠٪ من وزنه بالماء . وإذا جف تكتل في كتل ضلابة جداً متماسكة . وإذا وجد في الأرض جملها مندرجة غير منفذة للماء أو الهواء عسيرة الخدمة .

الطين الايدروجيني : اسهل في تجمعه من الطين الصودي ولكنّه أصعب من الكلي ، ويحتوي من الطين الغروي على نسبة أعلى من الطين الكلي . وهو أقدر على التشبع بالماء من الطين الكلي ، ولكنه اقل بكثير من الصودي . وهو يتحلل في الماء الى حمض سليسيك واكسيد سداسية : وهو وسط في تماسكه بين الطين الكلي والصودي . ووجوده في الأرض يجعلها حمضية التأثير لاتصلح لكل المحاصيل .

ولقد وجد أن في اراضي المناطق الرطبة من العالم يسود في مركب امتصاصها ايونات الكالسيوم والايديروجين . ويرجع سبب ذلك الى انه في المراحل المبكرة للتجوية تكون الصخور تحوي القواعد الارضية الاربعة ومع تقدم التجوية تنفرد هذه القواعد وتمسك على الطين ، إلا انها تكون غير متساوية في قوة ادمصاصها . بل ترتب وفقاً للتالي $Na < K < Mg < Ca$ ، ولذلك عند حدوث امطار غزيرة تغسل القواعد من التربة ، حيث يفصل اولا الصوديوم ثم يليه البوتاسيوم وهكذا ولذلك يبقى الكالسيوم سائداً نظراً لقوة امتصاصه العالية ، ونظراً لنمو النباتات بفعل الامطار الغزيرة ، تنشأ كمية كبيرة من الاحماض العضوية اثناء تحلل هذه المواد العضوية ، وتبرز ايونات الايدروجين التي تتبادل بشدة مع ايونات الكالسيوم الممتصة ، ولذلك يبدأ تكون طين به كالسيوم - ايدروجين ، وتكون كمية الايدروجين تبعاً لمعدل الفسيل من جهة ولغزارة المادة العضوية من جهة ثانية . وبذلك تنشأ الأرض غير المشبعة بالقواعد .

وفي المناطق الاقل مطراً ، لا تتعرض القواعد الارضية للانفصال بنفس الدرجة ، وبذلك لا يوجد الايدروجين في مركب الامتصاص .

أهمية تبادل الكاتيونات في تغذية النبات :

تشير الدراسات والتجارب العديدة الى ان العناصر الغذائية اللازمة للنبات والتي تكون مدمصة على سطوح الغرويات تكون جميعها في صورة قابلة للاستفادة ، أي يستطيع النبات امتصاصها والاستفادة منها . اضافة الى ذلك ، أن عملية تبادل الكاتيونات تحفظ العناصر الغذائية من ان تفقد سرعة مع مياه الامطار في المناطق الرطبة . فاذا سممت التربة بسهاد آزوتي من مصدرين : الاول نتراتى والآخر نشادري ، ثم تعرضت الأرض لأمطار غزيرة ، فانه يلاحظ ان السهاد النتراتى سيكون اكثر عرضة للانفصال نحو الاعماق بعيداً عن مناطق انتشار الجذور مما في السهاد النشادري . إذ ان الشحنة السالبة التي تحملها النترات تجعل التجاذب الكهربائي بينها وبين الطين منعماً مماثل للشحنة ولذلك تبقى ذائبة في المحلول الأرضي ومعرضة للانفصال . أما الامونيوم NH_4^+ فانه يتبادل في مركب الامتصاص نظراً لزيادة الذائب منه في المحلول ، وبالتالي يمسك في سطوح الحبيبات ولا تتاح له فرصة الانفصال مع مياه الامطار .

ويمكن ان يقال ذلك بالنسبة للتسميد البوتاسي ، حيث يتبادل البوتاسيوم في مركب الامتصاص .
ومن هنا يمكن القول ان الشحنة السالبة التي يحملها الطين او انيونيات العضوية تعمل على مسك
العناصر الغذائية اللازمة للنبات من ان تذهب بعيداً ، إذ كلما زادت كمية الشحنات السالبة على الطين ،
وكلما زادت كمية الطين في التربة ادى ذلك الى توفر العناصر اللازمة للنبات مثل الكالسيوم والمغنيسيوم
والبوتاسيوم فضلاً عن الحديد والزنك والنحاس والمنجنيز ... الخ .

وعادة يمتص النبات ما يحتاجه من العناصر الغذائية عن طريق الذائب منها في المحلول ، فاذا نقص
المحتوى الذائب من العنصر في المحلول انفرد قسم من العنصر المتبادل في مركب الامتصاص ليصبح ذائباً
في المحلول وذلك لتحقيق علاقة الاتزان الموجودة بين كمية العنصر الذائب في المحلول الارضي وتلك المتبادلة
في مركب الامتصاص .

وهناك رأي يقول بأن النباتات تستطيع ان تمتص بعض ما تحتاجه من العناصر الغذائية بالتماس
المباشر بين الشعيرات الجذرية الماصة وبين الكاتيونات المتبادلة في مركب الامتصاص وتعرف بنظرية الامتصاص
عن طريق التماس Contact theory ، فلو صحت هذه النظرية لبرزت اهمية تبادل الكاتيونات بصورة
اكثر وضوحاً في تغذية النبات .

الفصل الثالث

الكائنات الحية والمادة العضوية في التربة

آ - الكائنات الحية The organisms of the soil :

يعتبر الدبال الذي هو من نواتج تحلل المواد العضوية في التربة كبير الأهمية في التأثير في خواص الأرض الفيزيائية والكيميائية . ومصدر الدبال في التربة تفسخ المواد العضوية الناتجة من بقايا الكائنات الحية التي تعيش في الأرض ، أو من المواد التي تضاف إلى التربة .

ويعيش في التربة عدد كبير من الكائنات الحية بقسميها النباتي والحيواني . إلا أن ما يتبع المملكة النباتية من هذه الكائنات أكبر بكثير مما يتبع المملكة الحيوانية . وتتفاوت الكائنات الحية التي تعيش في الأرض بين الأحجام الدقيقة التي تحتاج إلى المجهر لرؤيتها وبين أحجام كبيرة كالحيوانات القارضة وبعض الثدييات . إلا أن صغيرة الحجم منها تشكل الجزء الأكبر من هذه الكائنات .

ونظراً للعلاقة الوثيقة بين كمية الدبال في التربة ونشاط الكائنات الحية فيها . لذا سنتناول باختصار أنواع الكائنات الحية المحتملة الوجود في التربة .

أولاً - الكائنات الحيوانية : ويمكن أن تقسم إلى مجموعتين متميزتين :

١ - حيوانات التربة كبيرة الحجم .

٢ - حيوانات التربة صغيرة الحجم .

١ - حيوانات التربة كبيرة الحجم : وتشمل عادة : القوارض ومفصليات الأرجل والحيوانات الرخوة والديدان الأرضية وغيرها .

وتمثل القوارض عادة بالخلد وفأر الحقل وسنجاب الأرض وغيرها . وتأثير هذه الحيوانات على

العموم ضار في التربة من حيث تقطيع جذور النباتات المتزرعة ، ومن وجهة أخرى لها بعض المنافع ، فوجودها في التربة يعمل كعامل مساعد لعملية التهويد من حيث تنعيم التربة ، كذلك فإن الانفاق التي تحفرها تساعد على عملية التهوية ، فضلاً عن المواد العضوية الكثيرة التي تنتج عن مخلفاتها .

أما مفصليات الأرجل كالحشرات فلبعضها تأثير واضح في التربة من حيث المادة العضوية وعلى الأخص النمل والخنافس . الخ ، فهي تساعد في تكوين الدبال إما عن طريق نقل المواد العضوية إلى التربة ، أو عن طريق هضمها . وتساعد الحشرات في عملية الهضم عديدة الأرجل وبعض الرخويات ، حيث تقوم بالتغذية على بعض المواد العضوية غير المتحللة وتطرحها مع المخلفات وبذلك تكون قد ساعدت في عملية التحلل .

وتلعب الديدان الأرضية الدور الرئيسي من بين الكائنات الحيوانية في التربة ، حيث تقوم بالتغذية على المواد العضوية الموجودة في التربة عن طريق تناول المواد الترابية ، وأخذ حسب كمية المواد الترابية التي تستطيع الديدان الأرضية أن تمررها في جهازها الهضمي في العام الواحد حوالي ٣٨ طن للهكتار ، وهذه المواد تتعرض داخل الجهاز الهضمي إلى فعل الطحن والتكسير ، فضلاً عن فعل الإنزيمات الهاضمة . ولقد أجريت دراسات عديدة لتحديد دور الديدان الأرضية في خصوبة الأرض وتغذية النبات ، فتبين أن الأراضي الخصبة تحوي كمية كبيرة من الديدان الأرضية ، وأرجع العلماء هذا الخصب لوجود الديدان . إذ تبين أن الديدان الأرضية تعمل على زيادة كمية المادة العضوية وكذلك كمية الآزوت الكلي ، كما أن الكالسيوم والمغنيسيوم والفوسفور تزداد قابليتها للاستفادة ، فضلاً عن زيادة السعة التبادلية للتربة .

ولا يرجع أثر الديدان الأرضية للتأثير في خواص الأرض الكيميائية بل تؤثر أيضاً في بعض الخواص الفيزيائية ، فتساعد على التهوية عن طريق الثقوب التي تقوم بها كما أنها تشجع عملية التحبيب في التربة وتكوين المجمعات الثابتة .

وتختلف أعداد الديدان الأرضية كثيراً ، إذ تقل في الأراضي الرملية ، وتفضل هذه الديدان الأراضي الطينية الثقيلة نظراً لاحتفاظها العالي بالرطوبة ، ونظراً لتغذيتها على المواد العضوية لذلك نراها منتشرة بكثرة في الأراضي ذات المحتوى الجيد من المواد العضوية . كذلك يلاحظ انتشارها في الأراضي الجيرية نظراً لحاجتها للكالسيوم .

٢ - حيوانات التربة صغيرة الحجم : ويمكن أن تمثل بثلاثة مجموعات هي :

آ - الديدان الشعبانية (النيماتودا) Nematodes : وتوجد في جميع أنواع الأراضي تقريباً ، وقد يزداد عددها حتى يصل إلى حد كبير ، إذ قد يصل إلى ٥٠ دودة في الغرام الواحد من التربة الجافة . وحجم النيماتودا صغير نسبياً يحتاج إلى مجهر لرؤيته ، وقلما توجد أنواع منها يمكن أن ترى بالعين المجردة . وهي على العموم مستديرة وذات شكل مغزلي ، وطرفها الذيلي مدبب جداً . وتنقسم حسب طريقة تغذيتها إلى ثلاثة مجموعات :

الأولى وتعيش معيشة رمية : إذ تأخذ حاجتها من الغذاء من المواد العضوية المتحللة .
والثانية ذات طبيعة مفترسة : إذ تعيش على افتراس الديدان الثعبانية الاخرى وبعض الديدان
الارضية الصغيرة .. وغيرها .

والثالثة ذات معيشة تطفلية : إذ تتطفل على جذور بعض النباتات الراقية وتقضي فترة من حياتها
في جذر النبات . وتؤدي الى تشويه في شكل جذر النبات حيث تتكـون المقـد الثـعبانية ، وتؤدي الى
أضرار كبيرة جداً خصوصاً في مناطق زراعة الخضار .
والاعداد الكبيرة المنتشرة في التربة من النيماتودا ترجع الى المجموعتين الاولى والثانية .

ب - البروتوزوا Protozoa : وهي حيوانات وحيدة الخلية ، تعتبر كبيرة الحجم نسبياً إذا ما قورنت
مع البكتريا . وتقسم عادة الى ثلاث مجموعات : الأميبا والهديات والسوطيات . ولقد أمكن عزل حوالي
٢٥٠ نوعاً منها . وهي من أكثر الكائنات الحيوانية انتشاراً في التربة ، إذ بلغت أعداد البروتوزا في بعض
الاراضي حوالي المليون في الغرام الواحد الجاف من التربة .

ج - المجليات Rotifers : ولم تعرف أهميتها في التربة بعد ، إلا أنها تنتشر في الاراضي خصوصاً
في المستنقعات إذ تزداد أعدادها زيادة كبيرة .

ثانياً - الكائنات النباتية : وهذه أكثر عدداً من الكائنات الحيوانية ، كما أنها أكثر فعالية في
التربة . وللسهولة سوف تقسم الى أربعة مجموعات رئيسية :

١ - جذور النباتات الراقية .

٢ - الطحالب .

٣ - الفطور والاكينومايستس .

٤ - البكتريا .

١ - جذور النباتات الراقية : وهي المصدر الرئيسي للمادة العضوية في التربة ، كما أنها مصدر
الطاقة والغذاء للكائنات الحية الدقيقة . وتقوم الجذور بافراز بعض المذيبات على شكل احماض عضوية
وقد يكون بعضها على شكل احماض أمينية تدفع الكائنات الحية الدقيقة للنشاط والتكاثر . ولقد لوحظ
ازدياد أعداد الكائنات الحية الدقيقة في منطقة الجذور الى حوالي ١٠٠ ضعف أعدادها في أماكن أخرى
من التربة . وتختلف كمية الجذور التي تتركها النباتات في التربة تبعاً لنوع النبات النامي ، فالمائلة البقولية
مثلاً تترك نباتاتها مجموعاً جذرياً كبيراً إذا ما قورن مع المائلة النجيلية .

٢ - الطحالب : وأعدادها في التربة ليست كبيرة ، بالرغم من ذكر بعض الباحثين أنهم استطاعوا
عد ٨٠٠ ألف في الغرام الواحد . واستطاع العلماء حتى الآن عزل ٦٠ نوعاً منها قسمت الى
ثلاثة مجموعات :

الاولى - خضراء مزرقة وتنتشر في الاراضي المزروعة بالارز وتستطيع تثبيت آروت الهواء الجوي.
والثانية - خضراء : وتوجد عادة في الطبقات السطحية من التربة إذ أنها حاملة للكلوروفيل .
والثالثة دياتوم : وتنتشر بأعداد ضخمة في الحدائق القديمة .
وتزداد الطحالب زيادة كبيرة عند التسميد العضوي .

٣ - الفطور والاكثينومايستس : وهذه مثل البكتريا ، لا تحوي على كلوروفيل ، ولذلك تعتمد في حصولها على مصدر الطاقة من المخلفات العضوية في التربة . ولقد أمكن عزل حوالي ٢٠٠ نوع من الفطريات في التربة ترجع الى ٤٢ جنساً .

وتمتاز الفطور والاكثينومايستس الى أنها تكون خيطية في الطور الخضري وتغطي فروعاً كثيرة ، أما في الطور الثمري فإنها تغطي بعض الاشكال الجرثومية . وتوجد الفطريات في جميع أنواع التربة إلا أن أعدادها تزايد في الاراضي الحامضية .

٤ - البكتريا : وهي كائنات وحيدة الخلية ذات حجم صغير جداً ، وهي من أبسط الكائنات الحية ، وتتكاثر بسرعة بالانقسام المباشر . وتنتشر بكثرة في الطبقات السطحية عندما تكون الظروف ملائمة من الحرارة والرطوبة والتهوية والغذاء ولقد أمكن عد من ٣ - ٤ بليون واحدة في الغرام الواحد في التربة .

وتستطيع البكتريا دائية التغذية أن تأخذ الطاقة اللازمة لها من أكسدة المركبات المعدنية كالامونيوم والكبريت والحديد كما تحصل على الكربون من غاز الفحم المتكون وهذه البكتريا هامة في عملية التآزت وأكسدة الكبريت وغيرها . أما البكتريا المختلطة التغذية (هتروتروفية) فإنها تحصل على الطاقة اللازمة لها من أكسدة المادة العضوية .

وتحتاج البكتريا عموماً الى الاجواء القاعدية لذا يلاحظ ازدياد أعدادها في الاراضي المحتوية على الكالسيوم .

تأثير الكائنات الحية في التربة :

تعتبر التربة جسم ذات طبيعة حيوية نظراً للدور الذي تقوم به الكائنات الحية فيها . ويمكن أن تقسم تأثيرات الكائنات في التربة الى قسمين رئيسيين نافعة وضارة .

فالتأثيرات النافعة تتم من خلال تحليل المادة العضوية ، إذ أن عملية التحليل ينفرد عنها عناصر غذائية هامة للنبات ، فضلاً عن الدور الهام المواد الدبالية الناتجة عن التحلل والذي تقوم به في تحسين الخواص الفيزيائية للارض مثل تكوين الحبيبات المتجمعة الثابتة وبالتالي زيادة سعة التربة للاحتفاظ بالماء ، كذلك سهولة حركة ورشح الماء في الاراضي الزراعية ، مع تيسير عمليات خدمة الارض الطينية .

وتقوم الكائنات الحية بتجهيز الآزوت في صورة نترات والكبريت في صورة كبريتات وتعمل كلاً من الفوسفور والحديد في صورة ملائمة لامتصاص النبات .

كما أنها تقلل من سمية بعض العناصر ان وجدت بكميات كبيرة كما في الحديد والمنجنيز حيث تحولها بفعل عمليات التأكسد الى تكافؤات أعلى، وهي ذات صور أقل ذوباناً في المحلول الارضي . ولولا عمليات التأكسد لتراكتت الصور الذائبة لهادين العنصرين في المحلول الارضي مما يؤدي الى سمية النبات .

كذلك تقوم بكتريا الآزوتوباكتر بتثبيت آزوت الهواء الجوي في أجسامها ، كما تقوم بكتريا العقد الجذرية والتي تعيش مميثة تكافلية مع جذور النباتات البقولية ببناء الآزوت في أجسامها ايضاً ، وهذه تمد النبات البقولي بالآزوت ، كما انها بعد موتها تضيف للتربة الآزوت الموجود في أجسامها .

ومن الضروري التوضيح بأنه ليس فعل جميع الكائنات الحية نافعاً في التربة ، بل لبعضها تأثيرات ضارة . فالفوارض مثلاً تقطع النباتات وجذورها ، والنيقودا تصيب جذور بعض نباتات الخضار والفاكهة وتؤدي الى ضعفها أو هلاكها ، كذلك تقوم بعض أنواع الفطور والبكتريا والاكثينوميستس باصابات مرضية كأمراض الذبول في القطن وتعفن الجذور وجرب البطاطا وغيرها . وهذه الكائنات الممرضة قد تعيش لمدة سنوات في التربة بدون المائل ثم تموت أو تستمر في سكونها حين وجود المائل .

وتقوم بعض الكائنات بمنافسة النبات في غذائه خصوصاً في الآزوت في الاراضي المزروعة قليلة الاحتواء به ، حيث تبدو على النبات أعراض نقص الآزوت نتيجة استهلاكه من قبل البكتريا اذا لم يعوض النقص بالتسميد الآزوتي ، وهذا ما سنوضحه في دراسة النسبة بين الكربون والآزوت في التربة في فقرة قادمة .

كذلك في الظروف اللاهوائية التي تسود التربة احياناً كفترة غمر الارض في الماء نتيجة الامطار الغزيرة وماشابه ذلك ، فان بكتريا الاختزال تنشط وتتحوّل الاشكال المؤكسدة من الآزوت والكبريت والحديد والمنجنيز الى أشكال أخرى مختزلة تؤدي الى فقد الآزوت من التربة على صورة غاز حر أو صورة نشادر ، وكذلك فقد الكبريت على صورة غاز كبريتيد الايدروجين ، بينما يصبح الحديد والمنجنيز في صورة ذائبة كبيرة مما يؤدي الى تسمم النبات .

المادة العضوية والربال

ORGANIC MATTER AND HUMUS

تعتبر المادة العضوية من أهم مكونات الارض ذات النشاط الكيماوي وهي تتكون من مخلفات النباتات والاحياء وأهمها الجذور والاوراق المتساقطة ، وكذلك ما يضاف صناعياً الى الارض من أسمدة عضوية وأسمدة خضراء . ويمكن تقسيم المادة العضوية الموجودة في الارض الى قسمين :

- ١ - مخلفات غير متحللة لا تزال محتفظة بشكلها الاصلي .
- ٢ - مواد تحللت جزئياً او كلياً وفقدت شكلها الاصلي واختلطت بجيبات الارض . وهذه يطلق عليها اسم الدبال Humus وهو الجزء المهم من المركبات العضوية .

وتتكون المركبات العضوية من ثلاث مجموعات :

- آ - مركبات عضوية تتركب من كربون وازكسجين وايدروجين (أي خالية من الآزوت) وتشمل الكربوهيدرات مثل السكريات والسلولوز واللجنين ، وبعض الدهون والاحماض العضوية .
- ب - مركبات عضوية آزوتية مثل البروتينات ، وهذه تحتوي على الآزوت بالإضافة الى الفوسفور والكبريت ، زيادة على الكربون والاكسجين والايروجين .
- ج - مواد معدنية ، وتشمل الفوسفور والكالسيوم والمغنيسيوم والسليكون والكبريت والحديد والالومنيوم ... الخ .

وتتحلل المواد العضوية في الارض بواسطة الكائنات الحية الدقيقة كالفطر والبكتريا والطحالب والبروتوزوا أي أن عملية الانحلال هذه هي عملية حيوية تقوم بها الاحياء الدقيقة كي تستمد الطاقة اللازمة لها من المادة العضوية . وتنحصر العوامل التي تؤثر على نشاط الكائنات الحية الدقيقة وبالتالي على سرعة التحلل بالتالي :

- ١ - طبيعة المادة العضوية المتحللة : كنوع النبات النامي وعمره وتركيبه الكيماوي أو نسبة الكربون الى الآزوت ، فكلما كانت هذه النسبة كبيرة كان التحلل بطيئاً والعكس ، فتصل نسبة الكربون الى الآزوت الى ٨٠ : ١ في القش والحطب ، وتهبط الى ٢٠ : ١ و ١٢ : ١ في البقوليات والخضراء . وبعد التحلل تهبط النسبة الى ١٠ : ١ . ويمكن ترتيب المواد العضوية حسب سهولة تحللها وفق الترتيب التنازلي الآتي :

آ - سكريات ، نشويات ، بروتينات بسيطة .

ب - بروتينات خام .

ج - هيميسليلوز والسيليلوز .

د - لجنين ودهون وشموع .

- ٢ - خواص الارض من حيث ملائمتها للعمليات الحيوية ، مدرجة التهوية وكمية الرطوبة بالأرض ودرجة الحموضة ، كلها ذات أثر على النشاط الحيوي .

ففي الظروف الهوائية الجيدة والرطوبة المناسبة يستمر الانحلال وينتج غاز الفحم وماء وأمسلاح معدنية ، أما إذا كانت الرطوبة عالية فينشط التحلل اللاهوائي . كذلك لوحظ أن لدرجة حموضة الارض

أثر كبير على نشاط الاحياء الدقيقة في التربة ففي pH ٥.٥ او اقل تنشط الفطريات ، بينما يزداد نشاط البكتريا عند pH أعلى من ٥.٥ .

٣ - المناخ بمنصريه الحرارة والمطر ، وتعتبر درجة حرارة ٣٥ - ٤٠ °م هي الدرجة المثلى لنشاط الميكروبات .

فاذا اضيفت الى التربة مادة عضوية تحسوي الآزوت مثلا وتكون في صورة معقدة كالبروتينات ، فسرعان ماتهاجمها الكائنات الدقيقة في الظروف المناسبة وتحللها الى بروتينات ثم الى مركبات أمينية ابسط مع بعض نواتج اخرى ، وتسمى هذه العملية بتكوين المركبات الامينية Aminization .

ثم تتحول الأمينات المتكونة الى نشادر ، وتسمى العملية النشادر Ammonification ويقوم بهذا الانحلال بعض أنواع Bacillus و Pseudomonas fluorescens وبعض الأكتينوميستيس Actinomycetes ويرتبط النشادر المنطلق بالماء وحمض الكربونيك او اي احماض اخرى موجودة مكوناً أيون الامونيوم . اما في الظروف غير المناسبة ، فان النشادر ينطلق من التربة الى الهواء الجوي .

هذه الاحونيا المنطلقة ، إما أن تمتص من قبل جذور بعض النباتات ، او ان تمثل في اجسام ميكروبات جديدة ، او ان تتحول الى نترات ضمن عملية التآزت Nitrification .

وتشمل عملية التآزت مرحلتين مرتبطتين مع بعضها ارتباطاً كلياً ، الاولى التحول الى نترت Nitrite ، وفيها تتحول الأمونيا بواسطة مجموعة من البكتريا : نيتروزوموناس ونيتروزوكوكس Nitrosomonas و Nitrosococcus الى املاح حمض النيتروز اي الى نترت . ثم تأتي المرحلة الثانية حيث تتحول النترت المتكونة الى نترات تحت تأثير بكتريا نيتروباكتر Nitrobacter .

وتعتبر عملية التآزت ذات اهمية كبيرة في التربة نظراً لتحول الآزوت العضوي من الصور المعقدة غير الملائمة الى نترات ملائمة . وهي عملية حيوية ، ويمكن تلخيص العوامل التي تسرع من عملية التآزت في التالي :

١ - وجود أيون الامونيوم في التربة على صورة املاح نشادرية سواء أكانت ناتجة من تحليل مواد عضوية معقدة ، او مضافة الى الارض على صورة املاح سمادية .

٢ - ان تكون درجة حموضة التربة بين ٥.٥ - ١٠ والدرجة المثلى ٨.٥ .

٣ - ان يكون جو التحلل غنياً بالكالسيوم والفوسفور اللازمين لنمو الكائنات الحية الدقيقة

٤ - ان تكون ظروف التهوية ملائمة ، وكذلك وجود رطوبة بكميات مناسبة .

٥ - ان تكون درجة الحرارة ملائمة ، ويمكن اعتبار الحرارة ملائمة بين ٤ - ٤٠ °م ، والدرجة

المثلى هي ٣٠ °م .

ويمكن تلخيص خطوات تحليل المواد العضوية المحتوية على الآزوت بالمعادلة التالية :

يشيدات ← بروتينات ← مركبات امينية ← نشادر ← نترت ← نترات

وفي الظروف المستنقعية او الاراضي الغدقة تحدث عملية اختزال للنترت والنترات الموجودة في الارض وتتحول الى غاز آزوت حر أو اكسيد آزوتية تنطلق متصاعدة في الهواء ، وبذلك تخسر التربة الآزوت اللازم لنمو النبات وفي هذا خسارة كبيرة ، وتسمى هذه العملية باسم عكس التـأزت Denitrification .

نسبة الكربون الآزوت وعلاقتها بتحليل المواد العضوية :

إذا اضيفت الى التربة اي مادة نباتية فان سرعة انحلالها تتوقف على نشاط الاحياء الدقيقة ، والذي يرتبط مباشرة بكمية الآزوت الموجودة في المادة العضوية اذا كانت بقية العوامل موجودة بصفة ملائمة . وتختلف النباتات ومخلفاتها كثيراً في نسبة الآزوت في المادة العضوية ، ولقد اصطلح على استخدام نسبة الكربون الى الآزوت في المادة العضوية كتعبير عن المادة العضوية . وعملية انحلال المواد العضوية عبارة عن عملية فقد في الكربون على صورة غاز فحم ، حيث تستفيد الكائنات الدقيقة من الكربون في الحصول على الطاقة اللازمة لها عن هذا الطريق . أما الآزوت فن كميته تبقى ثابتة تقريباً نظراً لأن الكائنات الدقيقة تبني بها أجسامها ، ثم بعد موت هذه الكائنات يضاف الآزوت للتربة ثانية على صورة آزوت عضوي ، وهكذا . ولذلك يلاحظ أن نسبة الكربون الى الآزوت تكون كبيرة في بدء التحلل ثم تأخذ في التناقص تدريجياً حتى نهايته إذ تصل حتى ١٠ : ١ أو ٨ : ١ .

وتستفيد الكائنات الحية الدقيقة من الآزوت الموجود في التربة أصلاً ، وذلك في بناء أجسامها ، عندما تكون المادة العضوية فقيرة المحتوى بهذا العنصر .

ولذلك يلاحظ نقص مؤقت في كمية الآزوت في التربة نظراً لتمثيل الجزء الذائب منه في اجسام الميكروبات ، والذي ينطلق ثانية بعد موت الميكروبات عند انتهاء التحلل . فإذا اضيف قش اقمع مثلاً الى الارض ونسبة C : N ratio به كبيرة ، وكانت الارض فقيرة في الآزوت ، فان الكائنات الدقيقة تستفيد من الآزوت الموجود في التربة ، فإذا زرعت التربة أثناء ذلك بمحصول ما فانه تظهر على المحصول المنزرع أعراض نقص الآزوت . وللتغلب على ذلك من الضروري إضافة الآزوت الذائب على صورة سماد كيمياوي بحيث يكفي لاحتياجات الكائنات الدقيقة ، وكذلك للمحصول المنزرع . وفي مثل هذه الحالة فان الارض ستحتوي نسبة جيدة من الآزوت بعد انتهاء تحليل المادة العضوية أي في الموسم الزراعي التالي . ومن الضروري الانتباه في الزراعة الى هذه النقطة حيث من الضروري عند استخدام الاسمدة العضوية غير المتحللة أن تضاف الى التربة قبل زراعة المحصول بمدة تكفي لتحلل المادة العضوية وجعل الآزوت العضوي فيها ملائماً للمحصول المنزرع .

وعند قلب النباتات البقولية في التربة كسماد أخضر ، فإنها تمد كلاً من الكائنات الحية والنباتات .
المزروعة بالآزوت ، ويلاحظ ان نسبة C : N ratio فيها بين ٢٠ ، ٢٥ : ١ .

وكقاعدة عامة فإن المادة العضوية التي تحوي آزوتاً أقل من ١٥٪ ، فمن المحتمل ألا ينطلق منها
كمية من الآزوت لذلك الموسم .

ويستفاد من تلك النقطة عند عمل السماد العضوي الصناعي Compost من المخلفات المزروعة التي
يكون غالباً ذات محتوى ضعيف من الآزوت، فلتسريع التحلل يضاف الى مخلفات سمدة آزوتية حتى تستمد
منها الاحياء الدقيقة ما تحتاجه من الآزوت لبناء اجسامها كي تسرع في التحلل ، وبمسد انتهاء التحلل
سيكون آزوت المواد العضوية المضافة وكذلك الآزوت المعدني المضاف متوفرين للمحصول .

الدبال وخواصه :

ينتج الدبال من المواد العضوية الآخذة في التحلل ، ولذلك فهو مادة متجانسة تركيبها الكيماوي غير
ثابت ، كما ان مقداره في الارض غير ثابت ايضاً ، والعلوم ان السكريات والبروتينات والاحماض الأمينية
مواد سهلة التأكسد والانحلال ، بينما السليولوز أكثر صعوبة ، في حين اللجنين صعب جداً . ولذلك نجد
في الدبال انخفاض نسبة المواد الكربوهيدراتية القابلة للذوبان في الماء ، كما تنخفض نسبة السليولوز ، بينما
تزداد نسبة اللجنين وكذلك نسبة البروتين ، حيث تصل نسبة الكربون الى النيتروجين في الدبال الى
١٠ : ١ كما ذكر سابقاً .

ولذلك يعتبر الدبال مركباً كيماوياً معقداً، اساسه اللجنين والبروتين حيث يرتبط في صورة مركبات
معقدة تسمى لجنوبروتين Ligno-protein . ويدل التحليل الكيماوي للدبال على انه يتركب من :

٤٠ — ٤٥٪ لجنين .

٣٠ — ٣٥٪ بروتين .

٢٠ — ٣٠٪ دهون أو شموع .

مع قليل من المواد المعدنية كالفوسفور والكبريت والكالسيوم والمغنيسيوم والبوتاسيوم والحديد .
والدبال مادة غروية كمدن الطين ، ولذلك فهو يعمل كنواة تحمل شحنات كهربائية سالبة ، ولذلك
له قدرة على تبادل القواعد . ففي الاراضي المتعادلة أو القاعدية نراه يحمل بالكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم
والبوتاسيوم ، بينما في الاراضي الحامضية نراه يحمل باليدروجين .

والدبال القدرة على امتصاص الماء إذ يستطيع أن يمتص خمسة أمثال وزنه من الماء ، ويتمدد
ويبتفخ عند امتصاص الماء كانه ينكمش بالجفاف ، كما أن له القدرة على لصق حبيبات التربة بعضها ببعض
الا أن قدرته في هذا أقل من الطين .

كمية الدبال في الاراضي :

يوجد الدبال في الاراضي بنسب تتراوح بين الصفر و ٩٠٪ وتكون كميته منخفضة في الاراضي الجافة والحارة الرطبة ، وعالية في الاراضي الرطبة الباردة . وتعتبر الاراضي فقيرة في المواد العضوية إذا قلت نسبة الدبال بها عن ٣٪ ، وغنية إذا احتوت من ٥ - ١٠٪ ، وتعتبر دبالية إذا زادت عن ٢٠٪ . ويوجد الدبال عادة بأعلى نسبة على السطح ، ويقبل تدريجياً الى تحت التربة . وهذا التوزيع طبيعي في كل اراضي المناطق المعتدلة والحارة ، أما في اراضي البودسول فإن أعلى نسبة من الدبال تكون في الطبقة ب .

والاراضي السورية عموماً فقيرة بالدبال عدا الاراضي الواقعة في منطقة الغاب وتحت الغابات . ويرجع السبب في ذلك الى أن فصل النمو قصير نسبياً في سورية وتتركز الأمطار في أقل من ٦ أشهر، ولذلك فتحلل المادة العضوية أسرع من تراكمها . ويبين الجدول (١٧) كمية المادة العضوية الموجودة في بعض الاراضي السورية .

جدول (١٧) المادة العضوية في ثلاث اراضي سورية (زين العابدين)

طريق اللاذقية - الحفة		تل تمر (الحسكة)		الباب (حلب)	
العمق / سم	٪ المادة العضوية	العمق / سم	٪ المادة العضوية	العمق / سم	٪ المادة العضوية
٢٠ - ٠	٢٦٣٣	١٠ - ٠	١٦٥٤	٢٥ - ٠	٠٦٦٣
٦٢ - ٢٠	٠٦٤٧	٣٠ - ١٠	١٦٠٤	٥٠ - ٢٥	٠٦٥٢
١١٥ - ٦٢	٠٦٣٥	٩٠ - ٣٠	٠٦٣٩	١٢٠ - ٥٠	٠٦٢٢
١٥٠ - ١١٥	٠٦٣١	١١٥ - ٩٠	٠٦٢٨	١٩٠ - ١٢٠	٠٦٠١

أنواع الدبال :

يقسم الدبال تبعاً للأساس الذي يعتمد في التقسيم الى أنواع متعددة كالتالي :

أولاً - حسب تأثير المذيب القلوي :

عند معاملة المادة العضوية الموجودة بالتربة بقلوي مركز ساخن مثل ماءات الصوديوم ، فيلاحظ

أن قسماً منها يذوب ، بينما يبقى جزء بدون ذوبان ، يطلق على الجزء الذائب والذي يمكن فصله بالترشيح اسم دبال متدبل وتبلغ نسبته عادة ٧٥٪ من الدبال ، وهو قابل للاكسدة ، فعال كيمياوياً .

أما الجزء غير الذائب ويشكل ٢٥٪ من الدبال ويسمى دبال غير متدبل Humin وهو غير فعال كيمياوياً .

ثانياً — حسب درجة تشبع الدبال بالقواعد ، وهو عدة أقسام :

١ — دبال مشبع : ويتكون في المناخ الجاف ونصف الجاف ، وهو متعادل أو قلوي التأثير ، جيد التهوية . فإذا كان الكالسيوم هو الكاتيون السائد يسمى المول الجيري Calcium Mull .

٢ — دبال غير مشبع : وهو يتكون في المناخ الرطب ، ومن صفاته أن تحلله ضعيف ، حامضي التأثير ، وهو يقسم الى قسمين :

آ — اذا تكون تحت غابات ذات اوراق عريضة ، فيسمى المول الحامضي Acid Mull ، وتكون نسبة الكربون الى النتروجين بين ١٥ - ٢٠ .

ب — واذا تكون تحت غابات صنوبرية فيسمى مور Mor ، ونسبة الكربون الى النتروجين تتراوح بين ٢٠ - ٤٠ .

ثالثاً — حسب نوع الارض ، وتقسم الى قسمين :

١ — دبال أراضي الغابات : ونسبة اللاجنوبروتين فيه مرتفعة ، بينما تكون نسبة الكربوأيدرات منخفضة .

٢ — دبال أراضي البراري : ونسبة اللاجنوبروتين فيه منخفضة ، بينما ترتفع فيه نسبة الكربوأيدرات .

أثر الدبال على خواص الأرض :

للدبال تأثير كبير على خواص الأرض فوجزها بالتالي :

١ — يكسب الأرض لوناً داكناً ، وبذلك تزداد قدرتها على امتصاص الحرارة من الشمس . والجدير بالذكر أنه لا يمكن الحكم على كمية الدبال في الأرض من لون الأرض . إذ يلاحظ أن لون الأرض بصفة عامة مؤشر المناخ . ففي أراضي التشنوزم في المناطق نصف الجافة والمطر ٥٠٠ مم يكون لون الأرض مسوداً وفي المناطق المعتدلة الرطبة يكون اللون أقل تركيزاً . في حين أن دبال الأرض لاستوائية يكون أقل تلويثاً .

٢ - نظراً لقدرته الكبيرة على امتصاص الماء ، لذلك فوجوده في الأرض يعمل على زيادة قدرة حفظ الأرض الماء ، وهذا مهم خصوصاً في الأراضي الرملية .

٣ - نظراً لقدرته اللاصقة فهو يعمل على تجميع حبيبات الطين في الأراضي الطينية وبذلك تقل قوة تماسكها فتزداد قدرتها على التماسك ورشح الماء .

٤ - يعتبر الدبال مصدراً للمركبات الغذائية وخصوصاً المركبات الآزوتية والفوسفاتية . كما يعمل كمخزن لهذه المركبات يمد بها النبات باستمرار أثناء تحلله التدريجي . والمعلوم أن الفوسفور العضوي قابل للامتصاص من قبل جذر النبات دون أن يكون لوسط التربة المحيط تأثير في ذلك . وتبدو أهمية هذه النقطة إذا تذكرنا أن كمية الفوسفور الممد في القابلة للاستفادة صغيرة جداً لا تفي بحاجة النبات المزروع .

٥ - عند تحليل الدبال في الأرض تنفرد بعض الأحماض العضوية وهذه تعمل على إذابة بعض المركبات الغذائية للنبات ، كما أنه ينتج عن تحللها انفراد غاز الفحم الذي يذوب في الماء مكوناً حمض الكربونيك وهذا له أثر كبير على الإذابة . وتبدو هذه الأهمية واضحة في الأراضي ذات المحتوى الجيري العالي حيث تتحول مركبات الفوسفور القابلة للذوبان في الماء إلى فوسفات ثلاثي الكالسيوم عديم الذوبان في الماء ، فوجود المادة العضوية المتحللة تساعد على خفض رقم pH وبالتالي تجعل نسبة من الفوسفات في صورة قابلة للذوبان .

٦ - للدبال قدرة كبيرة على تبادل القواعد إذ تصل السعة التبادلية له لحوالي ١٥٠ ملليمكافياً وقد تزيد حتى ٢٥٠ ملليمكافياً . ولهذا أهمية كبيرة في حفظ العناصر الغذائية اللازمة للنبات خصوصاً في الأراضي الرملية ذات المحتوى الطيني المنخفض أي ذات السعة التبادلية المنخفضة .

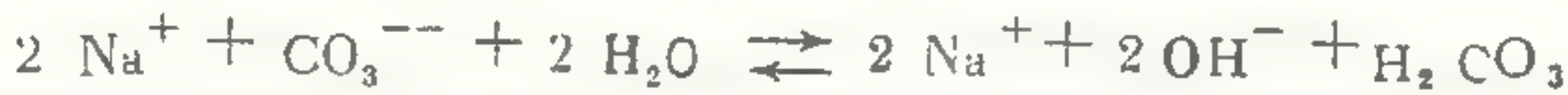
٧ - للدبال أهمية كبيرة في تنظيم الأرض من ناحية التأثير أي المحافظة على الحموضة والقلوية (وسيأتي شرح ذلك بالفصل التالي) .

الفصل الرابع

تأثير الأرض والفعل التنظيمي للمفرويات

أولاً - تأثير الأرض Soil reaction :

تتأثر النباتات الراقية والأحياء الدقيقة بظروف الوسط التي تعيش فيه ، وأبرز هذه الظروف هو تأثير الأرض الذي يكون في أحد صور ثلاث : قاعدي ، أو متعادل ، أو حمضي . وتظهر القاعدية إذا ما تشبعت الأرض الى درجة عالية نسبياً بالقواعد ، فوجود الأملاح خاصة أملاح الكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم يؤدي الى زيادة أيونات OH^- عن أيونات H^+ في محلول الأرض . وتوضح المعادلة التالية تأين كربونات الصوديوم في الماء .



إذ من الواضح أن انقسام $Na OH$ أكبر من انقسام حمض الكربونيك الضعيف ولذلك تزيد أيونات الأيدروكسيل في المحلول . ونتيجة لزيادة أيونات الأيدروكسيل تصبح الأرض قاعدية ، وقد تصبح قلوية شديدة إذا كانت الأملاح السائدة هي الصوديوم . وتتميز أراضي المناطق الصحراوية والجافة ونصف الجافة بسيادة حالة القاعدية فيها .

أما الحموضة فإنها تظهر في المناطق ذات الأمطار الكثيرة ، حيث تعمل الأمطار على غسل كميات كبيرة من القواعد المتبادلة (الكالسيوم والمغنيسيوم) من الطبقات السطحية ويدخل الأيدروجين مكانها في مركب الامتصاص . وتؤثر الأراضي الحامضية على النباتات ولذلك تعاني أراضي المناطق الرطبة مشكلة الحموضة هذه التي لاقت دراسة كثيرة واهتماماً كبيراً لاستغلال الأرض استفلافاً صحيحاً .

ويقاس تأثير الأرض بتقدير تركيز أيون الأيدروجين بها وبالتالي قياس رقم pH الذي يعبر عنه بأنه اللوغاريتم السالب لتركيز أيون الأيدروجين النشط في المحلول .

وتقدر قيمة pH عادة للارض بواسطة العلاقة :

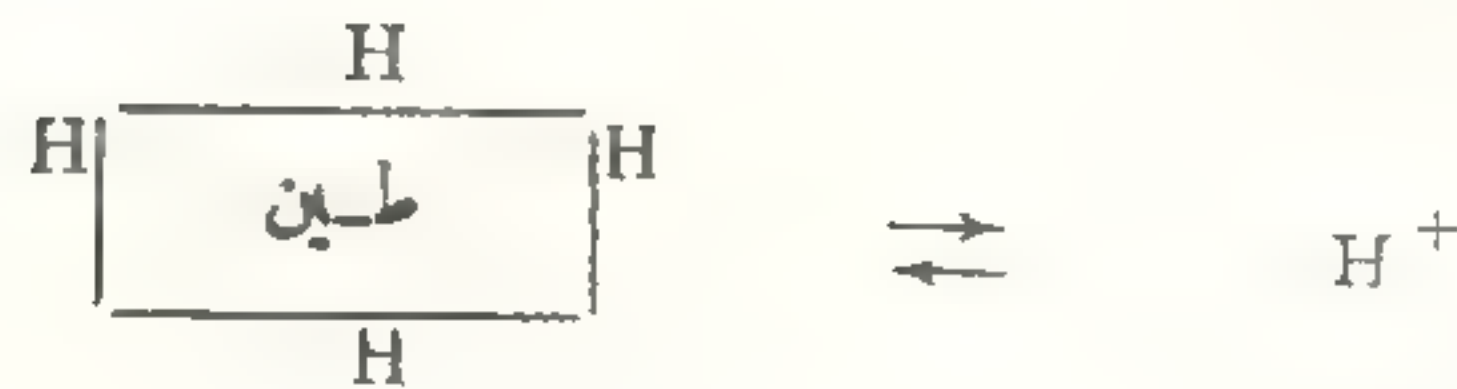
$$pH = \text{Log} \frac{1}{[H^+]} = - \text{Log} [H^+]$$

ويميز عادة بين نوعين من الحموضة في الاراضي ، خصوصاً في الاراضي الحامضية ، وهما :

١ - الحموضة النشطة Active Acidity ، وهي عبارة عن تركيز أيونات الأيدروجين الذائبة في المحلول الارضي Soil Solution - وإلى هذا النوع من الحموضة ترجع قيمة pH المقاسة .

٢ - الحموضة الكامنة Reserve Acidity ، وهي عبارة عن أيونات الأيدروجين المتمصة على سطح المعقد الغروي ، وتكون في حالة الاراضي غير المشبعة بالقواعد .

وهاتان المجموعتان توجدان باستمرار في حالة توازن ،



أيدروجين ممتز

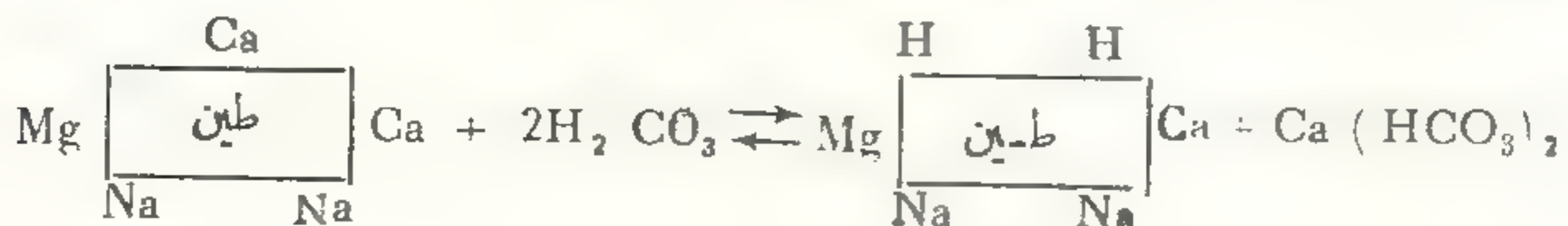
أيدروجين في المحلول

فإذا ما أزيلت أو عودت أيونات الأيدروجين النشطة في المحلول بالنسيل أو إضافة الجير ، فإنه يحل محلها أيونات أيدروجين جديدة تنفرد من مركب الامتصاص حتى يتم التوازن ، ولذلك يعتبر الأيدروجين الممتز على الطين مخزوناً لامداد أيونات الأيدروجين للمحلول الارضي .

مصدر أيونات الأيدروجين في الأراضي :

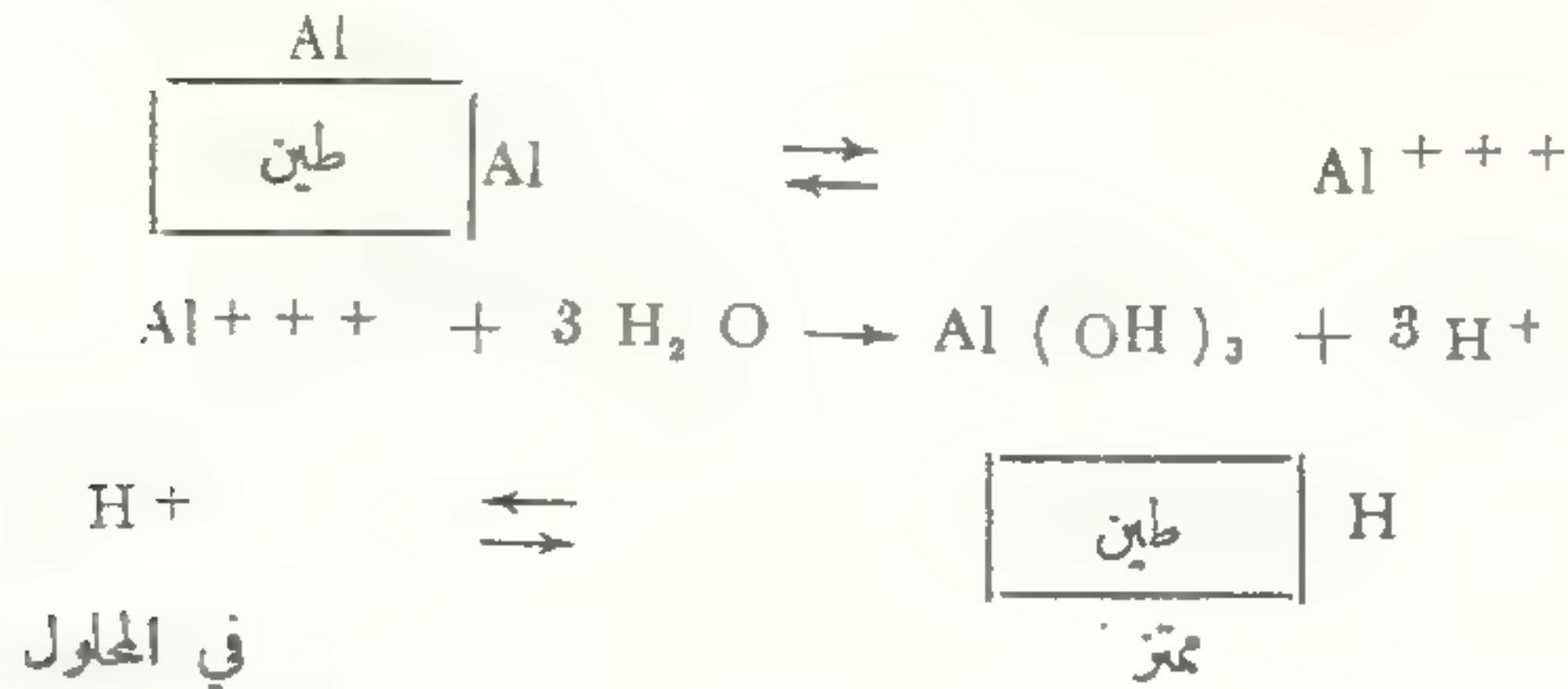
هناك مصدران رئيسيان لأيونات الأيدروجين في الاراضي هما أيونات الألومنيوم الممتزة ، وأيونات الأيدروجين الممتزة .

وفي المناطق المطيرة تفصل القواعد الارضية من المحلول الارضي ويصبح التأثير في مثل هذه الاراضي حامضياً ضعيفاً نتيجة لتأين حامض الكربونيك كالتالي :



وفي مثل هذه الظروف تصبح كمية كبيرة من الألومنيوم ذائبة في صورة أيونات Al^{+++} ،

ونظراً لكبر تكافؤها ترتبط بشدة مع غرويات الأرض . ونظراً لوجود ايزان بين كمية الألومنيوم الممتز على سطح الغرويات وبين كمية الألومنيوم الموجودة في المحلول الأرضي تنفرد بعض أيونات الألومنيوم وتتحلل مائياً في المحلول الأرضي مكونة أيدروكسيد الألومنيوم $Al(OH)_3$ وتنفرد أيونات الأيدروجين بالمحلول . ونظراً لعدم تأين أيدروكسيد الألومنيوم ، ولانفراد أيونات الأيدروجين في المحلول تنخفض قيمة pH للمحلول الأرضي . ولما كان الأيدروجين الممتز في توازن مع الأيدروجين الذائب في محلول الأرض لذلك يصبح مصدراً مهماً آخر لأيونات الأيدروجين ، ويمكن التعبير عن ذلك بالمعادلات الآتية :



ومما يساعد على ظهور الحموضة في الأراضي الزراعية امتصاص النباتات لقواعد الأرضية وافتقار التربة لها تدريجياً ما لم تعوض عن طريق التسميد المعدني أو العضوي وغيرها . كما تسبب الحموضة أيضاً بإضافة بعض الأسمدة مثل كبريتات النشادر أو رش النباتات بالكبريت الذي يتأكسد في التربة إلى كبريتات. كذلك إضافة الأسمدة العضوية حيث ينفرد عند تحللها غاز الفحم الذي يتحول إلى حامض كربونيك عند ذوبانه في الماء ، كذلك تأثير غاز الفحم الناتج من تنفس الجذور والاحياء الدقيقة أو الذائب في مياه الأمطار .. وغيرها كلها تسبب في زيادة أيونات الأيدروجين في الأرض .

ويلاحظ أن سيادة كاتيونات الكالسيوم والمغنيسيوم والبوتاسيوم في محلول الأرض تعمل على خفض تركيز أيون الأيدروجين في محلول الأرض . حيث يرتفع تركيز أيون الأيدروكسيل OH^- نظراً للعلاقة العكسية بين أيونات الأيدروجين وأيونات الأيدروكسيل . ويمكن توضيح ذلك بالمعادلة التي تشير إلى التحلل المائي لكاتيون الكالسيوم مثلاً المتبادل على سطح الغروي :



حيث أن الأراضي المشبعة بالقواعد تميل الكاتيونات المعدنية فيها إلى تشجيع تكوين أيون الأيدروكسيل . كذلك فإن التسميد بنترات الصودا أو سيناميد الجير أو نترات الجير فإنها تعمل على زيادة القاعدية في التربة ويعمل مثل ذلك الري بمياه عنية بالقواعد ، وكذلك إضافة الجير إلى التربة لمعادلة الحموضة فيها . ومن أهم أسباب زيادة القواعد في التربة هي عملية التجوية التي ينفرد عنها كمية كبيرة من الكاتيونات وتصبح قابلة للتبادل .

وتختلف درجة حموضة الأرض أو رقم pH لها تبعاً للدرجة تشبعها بالقواعد وكذلك نوع تلك القواعد ونسبها إلى بعضها البعض . إذ كلما انخفضت نسبة التشبع بالقواعد دل ذلك على الحموضة ، في حين أنه كلما اقتربت النسبة من ١٠٠ نتج عنها تعادل أو قاعدية . ولقد وجد أن أراضي المناطق الرطبة والتي يوجد فيها الدبال تكون حامضية إذا انخفضت نسبة التشبع فيها إلى أقل من ٩٠٪ بكثير . أما الأراضي المتعادلة أو القاعدية فإن نسبة التشبع بالقواعد فيها غالباً ما تزيد عن ٩٠٪ . وهذا يعني أنه من المحتمل وجود الأيدروجين بين الكاتيونات المتبادلة بالرغم من أن قراءة pH تميل للتعاادل أو القاعدية الخفيفة . حيث أن رقم pH لأرض معينة عبارة عن محصلة ثلاثة عوامل غير مترابطة : طبيعة معدن الطين ، والنسبة المئوية للتشبع بالقواعد ، وكذلك نسب القواعد المتبادلة لبعضها . ولقد رتب درجة الحموضة في الأرض إلى مجموعات تبعاً للترتيب التالي :

أرض شديدة القاعدية جداً	pH	من	١٠ - ١١
أرض شديدة القاعدية	✓	✓	٩ - ١٠
أرض قاعدية	✓	✓	٨ - ٩
أرض قاعدية خفيفة	✓	✓	٧ - ٨
أرض متعادلة	pH		٧
أرض حمضية خفيفة	✓	من	٦ - ٧
أرض حمضية	✓	✓	٥ - ٦
أرض شديدة الحموضة	✓	✓	٤ - ٥

وتعتبر أفضل الأراضي صلاحية لإغناء المحاصيل هي ما كان تأثير الأرض لها متعادلاً أي حوالي $pH = ٧$ ، وبما أن هذه الدرجة قليلة الانتشار لذا تعتبر الأراضي ذات $pH ٦ - ٨$ أراضي كلها صالحة لإغناء جميع المحاصيل تقريباً . وأغلب الأراضي السورية قاعدية التأثير حيث تزيد درجة الحموضة عن ٧ كثيراً سوى بعض المناطق في الجبال الساحلية المطيرة والناشئة على صخور غير جيرية حيث يكون التأثير حمضياً خفيفاً و pH من ٦ - ٧ وقد ينخفض حتى ٥.٥ .

أهمية تأثير الأرض :

لقد أثبتت الدراسات العلمية الأهمية الكبيرة لاثـر رقم pH على نمو المزروعات . فإن كمية الكالسيوم والمغنيسيوم القابلة للتبادل ذات علاقة كبيرة برقم pH الأرض ، فلأراضي الحامضية ذات رقم pH المنخفض تعاني نقصاً في كمية الكالسيوم اللازمة للنبات ، ويعمل على رفع قيمة pH بإضافة الجير إلى الأرض .

كما لوحظ انه عند انخفاض رقم pH في الاراضي المعدنية فان كمية الالومنيوم والحديد والمنجنيز الذائبة تصبح كبيرة ، وزيادة الكمية الذائبة للعناصر الثلاثة كثيراً تصبح سامة جداً لبعض النباتات ، رغم ان النباتات تحتاج الى الحديد والمنجنيز إلا انه بكميات قليلة .. كما انه عند ارتفاع pH تعود هذه العناصر فترسب ثانية وتقل كميتها في المحلول تدريجياً حتى تقطة التعادل وما فوقها بقليل ، وبعد ذلك تعاني بعض النباتات صعوبة في الحصول على المنجنيز والحديد اللازمين لها .

وينطبق الكلام السابق على عنصري النحاس والزنك فعند ارتفاع pH الى ٧ او اكثر تقل درجة صلاحيتها للنبات ، في حين تزداد كميتها الذائبة في الاجواء الحامضية ويصبحا سامين للنباتات ايضاً .

أما علاقة كمية الفوسفور القابلة للاستفادة في التربة فأكثر ما تكون وضوحاً مع درجة الحموضة بها ، فالمعلوم انه في درجات الحموضة المنخفضة ($pH = 4 - 5$) تكون فوسفات الحديد والالومنيوم القليلة الذوبان جداً . إذ يكون كل من أيونات الفوسفات وأيونات الحديد والالومنيوم ذائبة فتفاعل مع بعضها وترسب ، وتصبح الفوسفات في صورة غير ذائبة . ولذلك تعاني الزراعة في الاراضي الحامضية مشكلة نقص الفوسفور اللازم للنبات . وبارتفاع قيم pH يبدأ بعض الفوسفور في الانطلاق ويكون ذلك في صور $H_2PO_4^-$ و HPO_4^{2-} الذائبة وغالباً يكون في صورة فوسفات أحادي وثنائي الكالسيوم.

وعند زيادة رقم pH لأكثر من ٧ يبدأ تكوين فوسفات ثلاثي الكالسيوم غير الذائبة ، يقل امتصاص الفوسفور ، وهذه مشكلة التسميد الفوسفاتي في الاراضي الجيرية .

ولذلك من الضروري من وجهة امتصاص الفوسفور المحافظة على pH الارض بين ٦ - ٧ .

ويظهر تأثير قيم pH أيضاً على امتصاص الآزوت ، فالمعلوم أن معظم النباتات تمتص الآزوت في صورة نترات وقليل من النباتات تمتص الآزوت في صورة أمونيوم خصوصاً في أطوار نموها الاولى . لكن يلاحظ أن كمية الآزوت الممتصة في صورة نترات أكثر بكثير من الممتص منه في صورة أمونيوم .

وفي الاراضي شديدة الحموضة يكون امتصاص النبات للنترات أسهل ويفوق في امتصاصه للامونيوم ، بينما في الاراضي القاعدية يتفوق امتصاص الامونيوم على امتصاص النترات . والسبب في ذلك يرجع الى انه عند درجات الحموضة العالية يزيد H^+ على OH^- مما يجعل أعشية جذور النبات ذات شحنة غالبة موجبة مما يجعل النترات أسهل في مرورها من كاتيون الامونيوم . بينما في الاراضي القاعدية حيث تزيد أيونات الايدروكسيل في الارض تصبح شحنة جذور النباتات أكثرها سالبة ، وبذلك تسمح لأيون الامونيوم بالمرور أكثر من أيون النترات .

أما الآزوت في الصورة العضوية ، فهو غير صالح للامتصاص حتى يتحول الى نترات بواسطة الاحياء الدقيقة ، ولذلك يجب أن تكون الظروف مناسبة لنشاط الميكروبات التي تقوم بعملية التحليل .

وكذلك فإن كائنات الأرض تتأثر بدرجة حموضة التربة . فالعلوم أن البكتريا والاكثينوميسيتس Actinomycetes تكون نشطة عندما تكون الأرض متعادلة أو قاعدية ، ويقل نشاطها كلما اتجهت الأرض ناحية الحموضة حيث تقف عند $pH = 5.5$. إلا أن الفطريات قادرة على الحياة حتى في البيئات الحامضية ولذلك تنتشر في الأراضي الحامضية . كما أن عمليتا التآزت وتثبيت النيتروجين في الأراضي تنشطان في البيئات القاعدية وتقف كلتا العمليتين عند $pH 5.5$ فأقل . ولذلك فإن أفضل بيئة حيوية في الأرض هي —و ما كانت درجة حموضتها بين ٦ - ٧ .

ثانياً - الفعل التنظيمي للأراضي :

يقصد بالفعل التنظيمي مقاومة المركب لتغيير تركيز أيون الهيدروجين فيه ، أو تغيير رقم pH ، نتيجة إضافة حمض زائد أو قلوي زائد . وتتميز المحاليل المنظمة Buffer Solutions بأن رقم pH لها لا يتغير بإضافة حامض مخفف أو قلوي مخفف بكمية مناسبة . وتكون المحاليل المنظمة عادة من وجود حمض ضعيف مع ملح ذلك الحمض مثل حامض الخليك مع خلات الصوديوم ، أو قاعدة ضعيفة مع ملح تلك القاعدة ، مثل أملاح الأمونيوم مع كلوريد الأمونيوم .

ويرجع الفعل التنظيمي عامة إلى أن جزيئات الحامض أو القاعدة لا تتأين جميعها ، ويظل جزء منها دون انفصال ، وتسمى هذه المواد (ضعيفة التأين) . ويحدث لهذه المواد أو لمحاليلها أنه إذا استهلك جزء من أيونات الهيدروجين المنفردة نتيجة إضافة قلوي ، أو أيونات الهيدروكسيد نتيجة إضافة حامض ، حل محلها جزء آخر جديد نتيجة لتأين الجزيئات التي لم يسبق تأينها .

والأرض قدرة على التنظيم ترجع إلى وجود الفروقات المعدنية والمضوية (الطين والدبال) وهي أحماض ضعيفة التأين ، كما ترجع إلى وجود الكربونات والفوسفات وخاصة مركبات الكالسيوم والمغنيسيوم ، وتقاس قدرة الأرض على التنظيم بكمية الحمض أو القاعدة اللازم إضافتها إلى غرام واحد من الأرض بحيث يتغير رقم pH فيها درجة واحدة فقط .

ولما كانت قدرة الأرض على التنظيم تتوقف على نسبة الطينين بها ونوعه ، وعلى المواد المضوية ، وكذلك على كربونات وفوسفات الكالسيوم لذا فإن هذه القدرة تختلف في الأراضي باختلاف نسبة هذه المواد بها ، فالأرض الطينية أقدر على التنظيم من الرملية ، والأرض الرملية ذات المادة المضوية أقدر من الخالية منها ، وطين المونتموريلونيت أقدر من طين الكاؤولين .

والأراضي السورية عامة ، ذات قدرة كبيرة على التنظيم لارتفاع نسبة كربونات الكالسيوم بها من جهة كما أن الطين الموجود بها غالباً من نوع المونتموريلونيت .

الفصل الخامس

الاراضي المالحة والقلوية

THE SALINE AND ALKALI SOILS

تلعب مشاكل الملوحة والقلوية دوراً كبيراً في الاقتصاد القومي لكثير من دول العالم . وفي سوريا تنتشر الاراضي الملحية في بعض مناطق منها وعلى الاخص في منطقة حوض الفرات حيث كانت الاراضي منزرعة ثم قل انتاج البعض منها كثيراً أو قليلاً بسبب ملوحة الاراضي .

والاراضي المالحة Saline هي الاراضي التي تحتوي على كمية كبيرة من الاملاح الذائبة . أما الاراضي القلوية Alkali فهي التي ترتفع فيها نسبة الصوديوم المتبادل . وكلاهما يحول دون انتاج الارض . وقد تحتوي الاراضي القلوية على كمية زائدة من الاملاح فتعرف حينئذ بالاراضي الملحية القلوية

Saline-Alkali

وتصنف الاراضي المالحة والقلوية تحت قسم الاراضي بين النطاقية Intra Zonal Soils لأنها تتأثر بعوامل محلية غير العوامل الأساسية الأخرى . ومن العوامل المحلية سوء الصرف وارتفاع مستوى الماء الارضي .

الاراضي المالحة Saline Soils

Causes

أسباب الملوحة :

يسمى الروس Solonchak كما يسميها الأمريكيان White Alkali لتزهر الاملاح على شكل طبقة

بيضاء . وتنتشر هذه الاراضي عادة تحت الظروف الجافة ونصف الجافة ؛ بخلاف اراضي المناطق الرطبة حيث تفصل الاملاح ، التي كانت توجد فيها أصلاً نتيجة لمماريات التجوية ، الى الماء الارضي ثم الى البحار عن طريق الانهار فلا تتكون فيها مثل هذه الاراضي .

وأكثر الاملاح انتشاراً في هذه الاراضي أملاح كلورور ، وكبريتات الصوديوم وبعض الكالسيوم والمغنيسيوم . ويرجع ارتفاع مثل هذه الاملاح في الاراضي الى الاسباب التالية :

(١) - ملوحة أولية : حيث ان الاملاح توجد في الارض أثناء نشأة وتكوين التربة مثل الاراضي المنخفضة التي كانت تغمر بمياه البحار أو البحيرات ، ثم جفت هذه المياه في أزمنة غابرة وتراكمت الاملاح في التربة . وكذلك الاراضي المجاورة لشواطئ البحار حيث يرتفع فيها مستوى الماء الارضي الى قرب السطح ، فيرتفع الماء بالخاصة الشعرية وتبدو في الارض اعراض الملوحة . وقد تكون الاراضي المجاورة للبحار ذات منسوب منخفض فيرشح الماء من البحار الى هذه الارض ليغمرها بالمياه المالحة .

(٢) - ملوحة ثانوية : إذ أن الاراضي لم تكن مالحة ، ومع الاستثمار الزراعي السيء تسوء خواص الارض وتنتشر فيها الملوحة . وعادة تنتشر مثل هذه الاسباب في اراضي المناطق الجافة ونصف الجافة . فالري بمياه مالحة أو بها بعض الملوحة يجعل نسبة الاملاح تتراكم في التربة لأن النبات سيمتص الماء ويدفع الاملاح الذائبة في ماء الري لتتراكم في التربة . كذلك تتكون الملوحة في الاراضي المزروعة مروياً ، حيث أن الامراف بمياه الري يؤدي الى ارتفاع مستوى الماء الارضي ، كذلك قد تتسرب المياه من الاقنية الى الاراضي المجاورة فتساهم في رفع منسوب الماء الارضي . وفي المناطق الجافة ونصف الجافة حيث يكون معدل التبخر كبيراً ترتفع المياه بالخاصة الشعرية الى السطح فتتجحر وتتراكم الاملاح في الطبقات السطحية .

وعادة تتعرض الاراضي لفعل غسيل الاملاح إما تحت تأثير مياه الامطار أو مياه الري فتتخلص من بعض أملاحها . وعموماً فإن مستوى الملوحة في الارض يرتبط كلياً بمحصلة مجموعتين من العوامل : عوامل تؤدي الى زيادة الملوحة في التربة Input ، وعوامل تؤدي الى ازالة الملوحة منها Output كما في الصرف والرشح العميق . ويلاحظ أن عملية الري قد تكون وسيلة لزيادة الاملاح : إذا أفرط بمياه الري مع عدم وجود الصرف ، أو كانت مياه الري مالحة ، أو أن المياه ترشح من الاقنية لترفع مستوى الماء الارضي . كما ان عملية الري قد تخفض من كمية الاملاح ، وذلك عن طريق الغسيل كما في اصلاح الاراضي المالحة ، ويشترط لذلك اما وجود مصارف أو استخدام الرشح العميق إذا كانت نفاذية الارض تسمح بذلك . والجدير بالذكر أن عملية تخليص التربة من املاحها تعرف باسم Desalinization ، بينما تجمع الاملاح في الارض يطلق عليه اسم التمليح Salinization .

درجة تحمل النباتات للملوحة :

يعزى التأثير الضار للاملاح الذائبة الى تقليل النشاط الكيماوي للماء ، حيث تجذب الاملاح الذائبة جزيئات الماء فتقل حركتها وانتشارها ويتغير تبعاً لذلك الضغط الاسموزي ، وتضعف قدرة جذور النبات على امتصاص الماء . وتختلف الانواع العديدة من النباتات في درجة تحملها للايونات المختلفة التي توجد في المحلول الارضي ، فبعضها يتأثر بالكور أكثر من الكبريتات أو العكس . كما يتأثر النبات بأملاح المغنيسيوم أكثر من الصوديوم والكالسيوم .

كذلك يختلف تأثير الاملاح باختلاف قوام الارض واختلاف قدرتها على احتجاز الماء ، فإن وجود أي كمية من الاملاح لكل وحدة وزنية من الارض الرملية تسبب زيادة تركيز الاملاح في محلولها الارضي عند ثابت الرطوبة الارضية (معامل الذبول مثلا) عن الكمية المماثلة من الاملاح في الارض الدقيقة القوام ويرجع ذلك الى أن نسبة الرطوبة في الارض الطينية عند معامل الذبول مثلا تكون أعلى من مثيلتها في الاراضي الرملية ، ولذلك فإن كمية من الاملاح مقدارها ٠.٠٥٪ من التربة تكون أكثر تركيزاً في الاراضي الرملية عن الاراضي الطينية عند رطوبة معينة وبالتالي تكون أكثر ضرراً .

ويبلغ تركيز الاملاح في الاراضي مختلفة القوام عند درجة تشبع الارض بالرطوبة $1/4$ ، الكمية تقريباً المستحصلة من المحلول الارضي عند نسبة الذبول ، و $1/4$ الكمية المستحصلة عند السمة الحقلية ، وذلك طبقاً للعلاقة الاساسية التي تربط بها نسبة تشبع الارض بالرطوبة وثوابت الرطوبة الارضية . ويمكن تفسير ذلك بأنه عند تغير الرطوبة في الارض من نسبة الذبول الى درجة التشبع ، فإن الاملاح الموجودة في المحلول الارضي تصبح مخففة . وعلى العكس تصبح مركزة في المحلول الارضي اذا استنفذت المياه من الارض ووصلت الى نسبة الذبول ، لهذا نلاحظ أن أكثر ما يكون تلف المحاصيل في الصيف الحار عنه في الصيف المعتدل ، وكذلك في نهاية فترة الري عن بدايتها .

ويشير Sigmond and Scofield أن النبات يبدأ في التأثر بالاملاح اذا بلغت نسبتها من ٠.١ - ٠.٢٪ بالوزن ، أو إذا زاد التوصيل الكهربائي لمحلول الارض المشبعة بالرطوبة عن ٤ ملليمو / سم على درجة ٢٥°م .

ولقد وجد أن النخيل يتحمل الملوحة بدرجة كبيرة ، يليه الرمان والتين والمانجروف والزيتون ثم الحمضيات والتفاحيات . والفصاة والشعير والشيلم يتحملان الملوحة ، يليها الذرة البيضاء فالارز فالقمح ، وأقلها تحملاً الذرة الصفراء . والقطن والشوندر السكري يتحملان الملوحة بدرجة كبيرة ، أما الكتان والبرسيم فيتحملان الملوحة بدرجة متوسطة . الشوندر والجزر يتحملان الملوحة بدرجة كبيرة . بينما الكرنب (الملفوف) والقرنبيط والخس والبصل والبندورة تتحمل الملوحة بدرجة متوسطة أما البطاطا

والبازلاء والفول فتتحمل الملوحة بدرجة أقل . وعلى العموم ، يعتبر كل من طور البادرة وطور الازهار أقل الاطوار تحملاً للملوحة .

تقدير الاملاح الذائبة في الارض :

تقدر الاملاح الذائبة في الارض بطريقة التجفيف ، أو بطريقة التوصيل الكهربائي ، وذلك باستخلاصها من التربة بإضافة كمية من الماء الى وزن معين من الارض . وتوجد عدة نسب شائعة مثل : استخلاص الماء عند تشبع الارض بالرطوبة وتسمى عند ذلك المعجينة المشبعة ، أو نسبة ١ : ١ أي وزن تربة الى نفس الوزن ماء ، أو ١ : ٢٥٥ أو ١ : ٥ أو ١ : ١٠ أو ١ : ٢٥ . وتختلف الايونات المستخلصة باختلاف نسبة الماء المستعملة في الاستخلاص ، فالحماليل الارضية ذات النسبة المرتفعة من الماء : للارض ، أقل دقة في تقديرها لمحتويات المحلول الارضي من النسب المنخفضة من الماء : للارض وذلك لاستخلاصها كميات زائدة من الاملاح عن الموجودة في الارض عند السعة الحقلية المعتادة .

وايضاً فان انواع الايونات المستخلصة قد تختلف عن تلك الموجودة في المحلول الارضي ، مثال ذلك كمية Ca^{++} و SO_4^{--} في أرض جبسية تبلغ $5/$ مرات في المستخلص المحضر بنسبة ١ : ٥ عنه في المستخلص ذا النسبة ١ : ١ ، لهذا يجب ذكر النسبة المستعملة في الاستخلاص ، لأن نسبة (الارض : الماء) تؤثر على كمية ومكونات الاملاح المستخلصة . بينما لا تتأثر كمية الاملاح الذائبة مثل كلوريد الصوديوم بنسبة الاستخلاص نظراً لقابليته الشديدة الذوبان . ويعطي استخلاص الارض عند السعة الحقلية المعتادة مقياساً للاملاح الذائبة أكثر دقة . وترتبط نسبة الرطوبة عند درجة التشبع بثوات الرطوبة الارضية وعلى الاخص بالرطوبة عند السعة الحقلية ، حيث تعتبر مقياس بسيط للاملاح في الارض والذي يعتمد في قياسه على التوصيل الكهربائي المستعمل . وتعتبر درجة الرطوبة في الارض عند التشبع أعلى نسبة رطوبة يمكن أن توجد في الارض العادية ، ولذلك يوصى باستخلاص الاملاح عند درجة تشبع الارض بالماء أي بطريقة المعجينة المشبعة .

ويجري قياس كمية الاملاح الكلية بطريقة التوصيل الكهربائي Electric Conductivity وتختصر بالرمز EC وهي عكس المقاومة ووحدانه المhos عكس الاوم Ohms . وعادة ماتستعمل وحدات أقل : ملليمو Millimhos ، والتوصيل النوعي لمحلول ما عبارة عن التوصيل الذي يمكن تقديره في درجة $25^{\circ}C$ بين قطبي بلاتين موضوعين على بعد ١ سم ويشغلان حجماً قدره ١ سم^٣ . ويتكون الجهاز الذي يستعمل في ذلك من قنطرة مقاومة كهربائية وخلية توصيل ذات قطبين بلاتين ، تملأ بالمحلول المراد تقديره كما تعرف درجة الحرارة ايضاً . ويستطيع مؤشر خص يتحرك أمام تدريج معين أن يعطي قراءة التوصيل الكهربائي المستخلص ، والذي يتناسب طردياً مع درجة تركيز الاملاح في المستخلص .

وقد انتشرت هذه الطريقة نظراً لبساطتها وسهولة اجرائها ، كما يمكن منها الحصول على تركيز

الاملاح بالوزن ، وكذلك معرفة الضغط الاسموزي للحلول الارضي ، وذلك عن طريق العلاقات الخطية بين التوصيل الكهربائي النوعي في المستخلص المائي للارض ، وتركيز الاملاح المقدرة بالتحليل والمعبّر عنها بالملييمكافىء انيونات او كاتيونات في لتر من المحلول ، ويمكن توضيح هذه العلاقات بالتالي :

$$١ - \text{عدد ملييمكافئات الاملاح في لتر من المستخلص} = \text{مكافىء في المليون} = ١٢٥٥ \times \text{التوصيل النوعي بالملييمو / سم}$$

ويلاحظ ان الرقم ١٢٥٥ هو رقم متوسط لعامل الاملاح وهي بصورة مفردة في المستخلص . إذ يتراوح هذا العامل للاملاح المفردة :



من ٨ - ٢٠ . ويكون الرقم كبيراً في حالة الايونات الثنائية وصغيراً في حالة الايونات الاحادية .

$$٢ - \text{النسبة المئوية للاملاح في المحلول} = ٠.٠٦٤ \times \text{التوصيل النوعي بالملييمو/سم} .$$

باعتبار ان متوسط انغرام - مكافىء للاملاح في التربة = ٦٤ .

$$٣ - \text{النسبة المئوية للاملاح في الارض} =$$

$$\frac{\text{النسبة المئوية للماء في الارض عند الاستخلاص}}{١٠٠} \times ٠.٠٦٤ \times \text{التوصيل النوعي}$$

$$٤ - \text{الضغط الاسموزي للحلول (جو)} = ٠.٣٦ \times \text{التوصيل النوعي بالملييمو/سم} .$$

ويستعمل العامل ٠.٣٦ جيداً لكوريد الصوديوم في المحاليل المستخلصة من اراضي ملحية وقلوية .

ويلزم مقارنة تركيز الاملاح في مستخلص الارض : الماء بالتقدير الوزني بالتبخير . كما يجري تقدير أنواع الايونات والكاتيونات في المحلول وكمياتها .

حدود التأثير الضار للاملاح في الارض :

يصعب تحديد نسبة ثابتة للاملاح في الاراضي التي يبدأ عندها الضرر للنبات ، حيث أن هذا يرتبط بقوام الارض ونوع الاملاح والنبات النامي وطور النمو ، فطور الازهار أقلها تحملاً للملوحة مثلاً .

ولتوضيح ذلك نوضح المثال التالي :

أرضان ، احدهما رملية صفراء والاخرى طينية ، وكلاهما يحتوي على نسبة واحدة من الاملاح .

فان تركيز الاملاح في المحلول الارضي عند نسبة الذبول الارض الرملية يزيد بمقدار حوالي ١٠ أمثال نظير في الارض الطينية ، وذلك لأن نسبة الذبول فيها تقل عن الارض الطينية كثيراً .

كذلك إذا كانت نسبة الرطوبة التي تشبع الارض مثلاً ١٠٠٪ فان تركيز الاملاح في المحلول الارضي يكون مساوياً لتركيز الاملاح في الارض الجافة . لأنه اذا فرض أن التوصيل الكهربائي = ١٠ ملليموس/سم في مستخلص الارض المشبعة ، فمن المعادلة (٣) تكون :
النسبة المئوية للاملاح في الارض وكذلك في المحلول :

$$10 \times 0.0064 \times \frac{100}{100} = 0.0064\%$$

وفي أرض أخرى اذا كانت نسبة تشبعها بالرطوبة ٨٠٪ فقط فان تركيز الاملاح في الارض الجافة يكون $\frac{80}{100}$ من نظيره في مستخلص الارض المشبعة حيث أن :

$$النسبة المئوية للاملاح في مستخلص الارض المشبعة (المحلول) = 10 \times 0.0064 = 0.0064\%$$

$$النسبة المئوية للاملاح في الارض = 10 \times 0.0065 \times \frac{80}{100} = 0.0051\%$$

ولقد حاول العلماء وضع حدود لكمية الاملاح في التربة والتي يظهر أثرها الضار على النباتات . فاعتمد البعض تركيز الاملاح في المحلول كنسبة مئوية ، واعتمد البعض تركيز الاملاح في التربة كنسبة مئوية ، ولكن كثيرين من ذوي الخبرة والمشتغلين بعلوم الاراضي يميلون حديثاً الى استخدام وحدات التوصيل الكهربائي لمستخلص الارض بطريقة المعجينة المشبعة (والذي يرمز له بالرمز ECe) في وضع حدود لما يسمى مقياس الملوحة The Salinity Scale . حيث قسمت ملوحة الاراضي كما هو واضح في الجدول رقم ١٨ الى ٥ مجموعات طبقاً للتوصيل الكهربائي بالملليموز / سم لمستخلص المعجينة المشبعة كالآتي : أراضي غير مالحة ، أراضي قليلة الملوحة ، أراضي متوسطة الملوحة ، أراضي عالية الملوحة ، أراضي عالية الملوحة جداً .

تأثير الملوحة على خواص الارض :

تتوقف الخواص الكيميائية للاراضي الملحية على نوع وكمية الاملاح المختلفة الموجودة . إذ أن زيادته تركيز كاتيون معين في محلول التربة يعقبه زيادة كمية الكاتيون نفسه في مركب الادمصاص. ويلاحظ ان ارتفاع الصوديوم في التربة الى الحد الذي يجعل كمية الصوديوم المتبادل تساوي أو تزيد عن ١٥٪ من مجموع الكاتيونات المتبادلة ، يحول هذه الاراضي من أراضي مالحة الى أراضي قلوية . كذلك فان

جدول (١٨) مقياس الملوحة في الاراضي The Salinity Scale

التوصيل النوعي لمستخلص الارض المشبعة (بالمليمتر / سم)

صفر - ٢	٢ - ٤	٤ - ٨	٨ - ١٦	$16 <$
غير ملحية عادة ما يهمل تأثير الاملاح	ملوحة بسيطة قد تؤثر على الحاصل المساسة بالنسبة للملوحة	ملوحة متوسطة تؤثر على معظم الحاصل	ملوحة عالية قد تحملها فقط الحاصل التي تتحمل الملوحة ،	ملوحة عالية جداً . قد تحملها نباتات قليلة تقاوم الملوحة كالمانش وبعض الاشجار

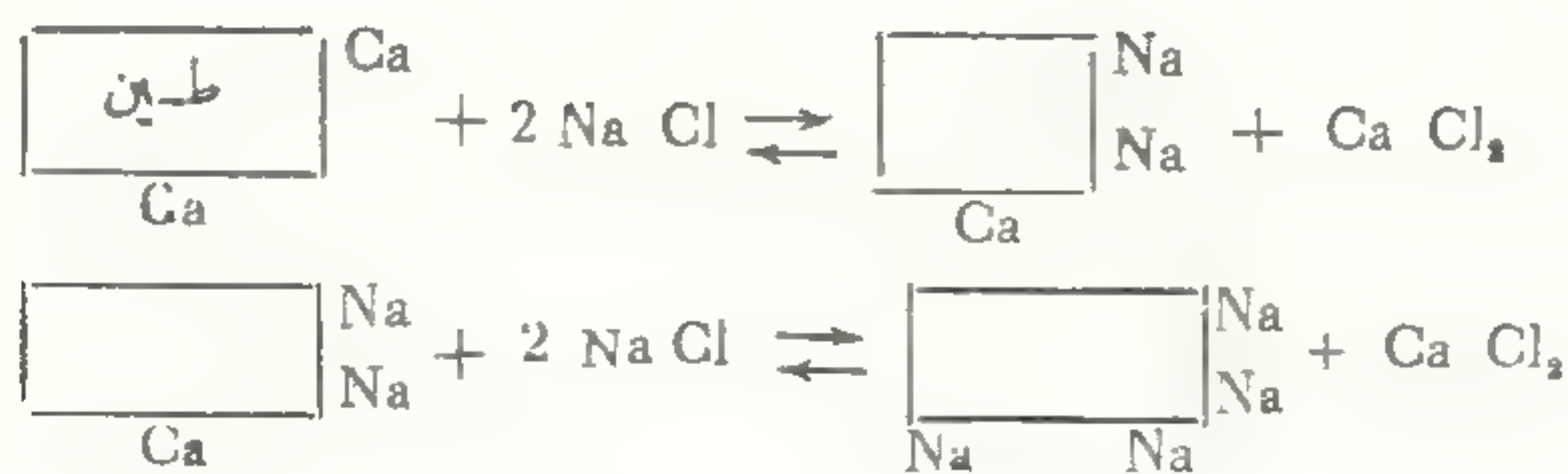
الاملاح تؤثر بوضوح في خواص الارض الطبيعية حيث تعمل الاملاح عادة على تجميع المواد الغروية بالارض ، لذا يلاحظ في الاراضي الملحية غير المستصلحة ان غروياتها متجمعة ودرجة نفاذيتها للماء عالية ، وتبدو هشة عند المشي عليها وهي جافة ، وبعد اصلاح الارض وغسيلها من الاملاح يلاحظ تناقص درجة نفاذية هذه الارض .

الارضيات القلوية Alkali Soils

تكوين القلوية Alkalization :

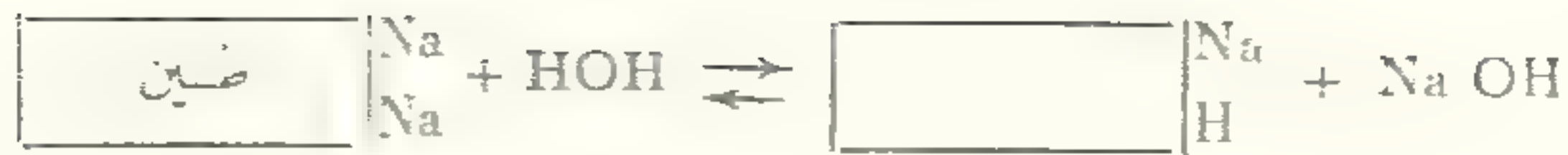
عند تراكم الاملاح في الارض Salinization يحدث هناك توازن بين الكاتيونات الذائبة في المحلول الارضي والكاتيونات المتبادلة في مركب الامصاص . فزيادة تركيز الصوديوم في المحلول يتبعه زيادة المتبادلة منه بالاحلال محل كاتيونات اخرى .

وكما زادت كمية الصوديوم المتبادل تزداد قلوية الارض وتسمى العملية Alkalization . وقد يختلف الوقت الذي تتحول فيه الارض من ملحية الى قلوية حسب نوع الاملاح السائدة فاذا كانت املاح الكالسيوم والمغنيزيوم تأخر تكوين القلوية ، وان كانت املاح الصوديوم تكونت القلوية بسرعة . وتوضح المعادلات التالية ذلك .



واذا غسلت الارض القلوية طبيعياً أو صناعياً ، تتحرك الاملاح الذائبة الى اسفل ، ويتفرق الغروي ، وتصبح الارض غير منفذة للماء والهواء ، وتسوء خواص الارض الطبيعية . وعادة ما تصل هذه الحالة في الارض بزيادة الصوديوم المتبادل الى اكثر من ١٥٪ من مجموع الكاتيونات المتبادلة .

واذا لم يكن في الارض ما يحل محل الصوديوم المتبادل فانه يتحلل مائياً مكوناً (NaOH) ، (H⁺) والاخير يتبادل على مركب الامتصاص وتتفاعل NaOH المتكونة مع CO₂ الماء مكونة كربونات صوديوم .



ووجود كربونات الصوديوم يتسبب عنه ارتفاع pH الأرض فقد تصل إلى ١٠ . ويسمى الأمريكان مثل هذه الأراضي أرض قلوية سوداء Black Alkali ، لأن كربونات الصوديوم تذيب المواد العضوية اللدالية وعند الجفاف نتيجة تبخر المياه تتكون طبقة سوداء على سطح الأرض . كما تسمى بأراضي Solonetz ، والتي فيها تعمل السليكا التي أزيلت من أفق آ ، نتيجة لتفاعل كربونات الصوديوم مع المركب الغروي ، كمادة لاحمة في أفق ب مكونة طبقة صماء ، ويتميز أفق ب بأنه ذات بناء منشوري أو عمودي متماسك جداً ، خصوصاً عند الجفاف .



ويلاحظ أن ظاهرة القلوية قد ارتبطت في الازدهان بوجود كربونات صوديوم في التربة ، وهذا فهم خاطيء . إذ إن أيونات الكربونات توجد ، كما يبدو ، نتيجة لتأين الطين لصوديومي وتفاعله مع غاز الفحم بوجود الماء . إذ القلوية هي زيادة الصوديوم المتبادل أكثر من ١٥٪ من مجموع الكاتيونات ، وأما تكوين الكربونات فهي مرحلة تالية لذلك .

ودرجة تشبع الطين بالصوديوم تتأثر بنوع ملح الصوديوم الموجود في المحلول الأرضي . فالأراضي القلوية التي تحتوي تركيز عالي نسبياً من كربونات الصوديوم ، تؤدي في نفس الوقت إلى احتوائها على زيادة من الصوديوم المتبادل عما لو احتوى المحلول الأرضي على نفس درجة التركيز من كلوريد الصوديوم مثلاً وكانت خالية من كربونات الصوديوم . ذلك لأن الكالسيوم والمغنيسيوم الذين حل للصوديوم محلها على مركب الامتصاص يتحدان مع الكلوريد الباقي من كلوريد الصوديوم الموجود في التربة ، ويتكون عن ذلك كلوريدات الكالسيوم والمغنيسيوم القابلين للذوبان في الماء . بينما إذا احتوت التربة على كربونات الصوديوم ، فإن الكالسيوم والمغنيسيوم الذين حل للصوديوم محلها ، يتحدان مع الكربونات المتبقية من كربونات الصوديوم ، ويتكون من ذلك الاتحاد كربونات الكالسيوم وكربونات المغنيسيوم ، وهي أملاح قليلة الذوبان جداً . وفضلاً عن ذلك فإن ملح كربونات الصوديوم يؤدي لتفرقة عالية إذ أنه لزوج عند ذوبانه في الماء ، فضلاً عن أنه سام للنباتات .

ويمكن تلخيص ماسبق بالتالي :

١ - الأراضي المالحة : وهي الأراضي التي يسود فيها تأثير أملاح الكالسيوم والمغنيسيوم ، عن تأثير الصوديوم ، على صفات الأرض الطبيعية والكيمائية . وعادة ما تكون نسبة الصوديوم المتبادل فيها

أقل من ١٥٪ ، pH الأرض أقل من ٨.٥ ، والتوصيل الكهربائي أكثر من ٤ ملليمو/سم . كما تعمل الاملاح على تجميع الفروي .

٢ - الأراضي القلوية وهي الأراضي التي يؤثر الصوديوم فيها على خواص الأرض الطبيعية والكياوية. ويقسم هذا الى قسمين :

آ - أراضي ملحية قلوية : ونسبة الصوديوم المتبادل فيها أكثر من ١٥٪ ، درجة حموضة الأرض لا تتعدى ٨.٥ ، ودرجة التوصيل الكهربائي أكثر من ٤ ملليمو/سم . وتعمل الاملاح على تجميع الفروي ، وإذا غسلت ولم يكن بها جبس تتحول الى القلوية وتسوء خواصها .

ب - أراضي قلوية : وهي التي أزيلت منها الاملاح الذائبة ، ويزيد فيها الصوديوم المتبادل عن ١٥٪ ، pH الأرض أكثر من ٨.٥ وقد يصل الى ١٠ ، والتوصيل الكهربائي أقل من ٤ ملليمو/سم . ويظهر تأثير الصوديوم فيها فتسوء خواص الأرض الطبيعية بسبب تفرق الفروي كما أن نفاذيتها للماء والهواء بسيطة .

اصلاح الاراضي المالحة والقلوية

Reclamation of Saline and Alkali Soils

قبل البدء في اصلاح الأرض يجب عمل حصر تفصيلي للأرض يشمل النقاط التالية :

١ - دراسة حقلية : تهدف الى الحصول على كافة البيانات الخاصة بالأرض من حيث : طبوغرافيتها ، انحدارها ، وقدرتها الانتاجية ، وحالة الري والصرف ، وطرق الخدمة بها . ثم تعمل قطاعات أرضية على أبعاد تتوقف على اختلاف الأرض . يدرس القطاع من حيث : عمقه ، ونظام تماقب الطبقات ، ولون الأرض ، وقوامها ، وبنائها ودرجة تعمق الجذور ، ومستوى الماء الأرضي .

٢ - دراسة مخبرية : تجرى على العينات التي تجمع من القطاعات الحقلية للتعرف على خواص الأرض الطبيعية والكياوية . وتشمل التقديرات الطبيعية التالية :

آ - قوام الأرض للتعرف على درجة نعومة أو خشونة الأرض بإجراء التحليل الميكانيكي للتعرف على النسب المختلفة لمجموعات الحبيبات ذات الاحجام المختلفة في الأرض .

ب - بناء الأرض للتعرف على تنظيم الحبيبات الأرضية بإجراء التحليل الحبيبي باستعمال النسبة المثوية للحبيبات المركبة ذات حجم معين كدليل على بناء الأرض .

ج - النفاذية Permeability وهي من أهم الصفات الطبيعية للأراضي الملحية لملائمتها بعمليات الإصلاح . وتشير إلى قدرة الأرض على نفاذ الماء ويعرف معامل النفاذية بأنه عبارة عن معدل مرور الماء خلال منطقة مسامية من الأرض مساحتها الواحدة ومتعرضة لوحدة الضغوط في وحدة الزمن على درجة ١٥°م .

د - رشح الماء Infiltration ويقصد به حركة الماء إلى أسفل خلال الأرض عقب الري . ومعدل الرشح ، يعرف بكمية الماء التي تنفذ في الأرض في وحدة زمنية معينة .

كما تشمل التقديرات الكيماوية التالية :

آ - مجموع الأملاح الذائبة ، أو درجة التوصيل الكهربائي بالمليمتر/سم على درجة ٢٥ م في مستخلص الأرض المشبعة بالرطوبة .

ب - pH الأرض ، وتقاس في عجينة الأرض أو مستخلص الأرض ويمكن التعرف منه على الصوديوم المتبادل .

ج - كربونات الكالسيوم وكذلك كبريتات الكالسيوم ان وجدت ، حيث أن كمية الموجود منها تحدد مدى قابلية الأرض للإصلاح .

د - الأيونات الذائبة وتقدر في المستخلص الشبع وتشمل الكالسيوم ، المغنيسيوم ، الصوديوم ، البوتاسيوم ، الكربونات الذائبة ، البيكربونات ، الكاوريد ، الكبريتات ، البورون . والتي عن طريقها يمكن التعرف على بعض العلاقات المهمة في عمليات الإصلاح مثل :

$$\text{نسبة الصوديوم المدمص SAR} = \frac{\text{Na}}{\sqrt{\frac{\text{Ca} + \text{Mg}}{2}}}$$

كما أن وجود الكربونات الذائبة دليل آخر على وجود القلوية وسيادة الصوديوم في مركب الامتصاص ، كما أن زيادة تركيز البورون سام للنبات ويلزم التخلص منه في الإصلاح .

هـ - الكاتيونات المتبادلة ، وتقدير النسبة المئوية للصوديوم المتبادل . وذلك عن طريق تقدير مجموع الكاتيونات المتبادلة وكذلك تقديرها منفصلة وهي كالسيوم ، مغنيسيوم ، صوديوم ، بوتاسيوم . ثم حساب نسبة الصوديوم المتبادلة بالمليمكاف من مجموع الكاتيونات المتبادلة :

$$\text{نسبة الصوديوم المتبادل ESP} = \frac{\text{الصوديوم المتبادل بالمليمكاف}}{\text{مجموع الكاتيونات المتبادلة بالمليمكاف}} \times 100$$

و - التحليل الكيماوي لماء الري المستعمل ومياه الصرف والغسيل ، ويشمل تقدير درجة التوصيل الكهربائي ، وكذلك الكاتيونات والانيونات الذائبة فيها .

٣ - دراسة تصنيفية : وفيها تجمع الاراضي المتائلة في خواص قطاعاتها الطبيعية والكيماوية في قسم واحد . وتوضع هذه الاقسام على خريطة بمقياس رسم مناسب . ويعطى لكل قسم لون خاص يكتب له رمز توضيحي مبسط بالارقام والحروف يوضح صفات الارض . كما يرفق مع كل خريطة تقرير عبارة عن سجل شامل للبيانات المطلوبة والمهمة . وبعد اجراء هذه الخطوات الثلاثة يمكن التعرف على حالة الارض ، ودرجة الملوحة والقلوية فيها ، كما يمكن عمل خطة اصلاح لامكان خفض درجة الملوحة او القلوية ، وتقدير احتياجاتها للنسيل أو الصرف ، والكيماويات اللازمة ، وصلاحية المياه لاري ... الخ .

والجدول (١٩) بين اقسام الارض تبعاً لكمية الاملاح الموجودة بها ، وللنسبة المثوية للصوديوم المتبادل مرتبة حسب قابليتها للاصلاح .

اصلاح الاراضي المالحة :

ويتم ذاك بالتخلص من الاملاح الذائبة من طريق النسيل ، بسد شق المصارف اللازمة ، للتخلص من هذه الاملاح ، وليس هناك ما يدعو لاستعمال كيماويات كالجبس أو الكبريت ، إذا كانت نسبة :

$$\frac{Na^{+}}{Ca^{++} + Mg^{++}}$$

بالليمكافء ، الذائب في المحلول الارضي اقل من ٢ تقريباً ، حيث أن تبادل الصوديوم في مركب الامتصاص يكون بسيطاً . كما أنه إذا احتوت الارض على جبس فإن الكالسيوم يحل محل الصوديوم المتبادل عند النسيل ويلزم توفير مصدر للمياه اللازمة للنسيل ، بحيث يكون تركيز الاملاح فيها منخفضاً . وقد يمكن استعمال مياه المصارف المتوسطة الملوحة احياناً على أن يحتاط من قلوبتها في بدء عمليات النسيل . ويكون الصرف مكشوفاً في بادئ الامر إذا كانت نسبة الاملاح مرتفعة ، أو منطى إذا كانت الملوحة متوسطة .

وغسيل الاملاح أما ان يكون سطحيًا إذا كانت هناك طبقة ممككة من الاملاح فوق سطح الارض ، وفيها تغمر الارض بالماء لاذابتها ثم صرفها سطحيًا حتى لا يرشح الماء المحتوى على الاملاح خلال الارض . أو يكون النسيل جوفياً ، وهو المتبع ، لكفاءته في التخلص من الاملاح من عمق غو جذور النبات . وكمية الماء اللازم للنسيل ترتبط بكمية الاملاح ونوعها وخواص الارض بالنسبة لنفاذيتها للماء .

ويلزم عمل حساب لكمية الماء اللازمة حسب السعة المائية للارض ، واحتياجات المحاصيل للماء ، وكمية المياه اللازمة للنسيل ، كما يلزم اختبار ماء الصرف ومقارنته بالماء المضاف للتعرف على سير عملية النسيل وعمل تحليل للارض بعد عمليات النسيل باستمرار .

كما يلزم زراعة المحاصيل الملائمة مثل الارز لمساعد على زيادة نفاذية الارض بفعل جذور النباتات ، كما أن ثاني اكسيد الكربون الناتج من تنفس الجذور والذائب في الماء يساعد على تحويل كربونات الكالسيوم الى بيكربونات كالسيوم أسهل ذوباناً ، تسهل من تبادل الصوديوم في مركب الامتصاص بالكالسيوم .

جدول (١٩)
تصنيف الاراضي حسب درجة الملوحة والقلوية

نوع الارض	مجموع الاملاح الذائبة %	التوصيل الكهربائي (عجينة - ملليمو/سم)	pH الارض	سوديوم متبادل %
القسم الاول : لا تزيد عن ٠.٠٢%	٤ ملليمو/سم	أقل من ٨٥٥	أقل من ١٥%	
القسم الثاني : من ٠.٠٢ - ٠.٠٥%	٤ - ٨	-	-	-
القسم الثالث : من ٠.٠٥ - ١%	٨ - ١٦	٩	حوالي ١٥%	-
القسم الرابع : بسيطة	أقل من ٤ ملليمو/سم	تصل الى ١٠	أكثر من ١٥%	-

ويحسن ترك الأرض لتجف بعد عمليات الفسيل لأن الجفاف يعمل على تشقق الأرض مما يساعد على سرعة نفاذ أو رشح الماء .

كما يلزم استعمال الاسمدة البلدية والعضوية وحرث المحاصيل الخضراء والتي تحسن من البناء الأرضي فتسرع من نفاذية الماء وسرعة الفسيل .

اصلاح الاراضي القلوية :

سبق أن ذكر أن الأراضي القلوية هي التي يزيد بها الصوديوم المتبادل عن ١٥٪ من مجموع الكاتيونات المتبادلة ، وقد تحوي كربونات صوديوم تتراوح بين ٠.٠٠٥٪ إلى ٠.٠٢٪ . ولا تستعمل هذه الأراضي بالفسيل ، حيث أن الماء يعمل على تحلل الصوديوم المتبادل مائياً ويتكون ماءات صوديوم ثم كربونات صوديوم ، ويرتفع pH الأرض ، وتتفرق غرويات الأرض وتصبح لزجة . لهذا تستعمل بالتخلص من كربونات الصوديوم وذلك باستعمال الجبس الذي يتفاعل مع Na_2CO_3 وتحوله إلى ملح متعادل هو Na_2SO_4 الذي يزول بالفسيل والصرف ، ويتم التفاعل وفقاً للمعادلة :



كما يحل الكالسيوم محل الصوديوم في مركب الامتصاص ، ويتكون طين كلبي كما يتكون كبريتات صوديوم ، تزال مع ماء الفسيل أيضاً .



كما يلزم المحافظة على طين الكالسيوم بصرف الاملاح الناتجة .

وإذا احتوت الأرض على أملاح ذائبة كثيرة كما في حالة الأراضي القلوية الملحية ، فإنه يلزم خفض كمية الاملاح بالفسيل قبل اضافة الجبس حتى لا تموت هذه الاملاح تفاعلات التبادل . وقد وجد Gedroiz انه لا يتم الاصلاح اذا كانت نسبة أملاح الصوديوم في الأرض (كلوريد صوديوم مثلاً) ٠.٠٢٤ - ٠.٠٣٥٪ . ذلك لأن الصوديوم يجمع تبادل الكالسيوم في مركب الامتصاص . ولذلك عند اصلاح الأراضي القلوية باضافة الجبس ، يحسن غسيل الأرض بماء بعد اضافة الجبس للتخلص من كبريتات الصوديوم المتكونة .

ويمكن حساب كمية الجبس اللازمة لأرض ما سميتها التبادلية ٤٠ ملليمكاف/١٠٠ غ تربة ؛ ونسبة الصوديوم المتبادل فيها ٢٠٪ مثلاً ، ونسبة كربونات الصوديوم ٠.٠١٠٦٪ .

ويكون الحل كالتالي :

عدد ملايين مكافئات الصوديوم المتبادل = $\frac{20}{100} \times 40 = 8$ ملايين مكافئ/غ تربة.

عدد ملايين مكافئات كربونات الصوديوم = $\frac{106}{53} \times 2 = 4$ ملايين مكافئ/غ تربة.

كمية الجبس اللازمة لكل ١٠٠ غ تربة تساوي :

$$(8 + 4) \times 86 = 860 \text{ ملايين جرام ، } (86 = \text{الوزن المكافئ للجبس})$$

ولما كان وزن التربة في ١ دونم أرض لعمق الطبقة السطحية =

$$1000 \times 0.12 \times 1025 = 250 \text{ طن} = 250000 \text{ كغ}$$

حيث أن عمق الطبقة السطحية ٢٠ سم ، والكثافة الظاهرية ١٠٢٥ كغ/سم^٣ .

∴ كمية الجبس اللازمة لاصلاح دونم أرض لعمق الطبقة السطحية يساوي :

$$\frac{250000000}{100} \times 86 = 21500000 \text{ غ} = 21500 \text{ طن/دونم}$$

ويلاحظ ان الكمية التي احتسبت من الجبس ، على اساس ان الاحلال يتم محل كل الصوديوم المتبادل ، وهذا لا يحدث تحت الظروف الطبيعية . حيث ان النسبة ٢٠٪ عادة تنخفض الى اقل من ١٥٪ ولكن ليس ما يمنع من استعمال كميات من الجبس اكثر من اللازم الاسراع من تفاعلات التبادل تحت الظروف الحقلية ، وفي نفس الوقت فان تقاوة الجبس عادة ما تقل عن ١٠٠٪ .

كما يمكن تقدير الاحتياجات الجبسية مباشرة في المختبر ووجدت علاقة قوية بين الصوديوم المتبادل والاحتياجات الجبسية المقدرة بهذه الطريقة ولو ان هذه الطريقة تقريبية إلا انه يمكن الاعتماد عليها في الاراضي التي لا تحتوي أو تحتوي على نسبة بسيطة من الاملاح الذائبة .

كما يستعمل حامض الكبريتيك من بين المصاححات المستعملة في اصلاح الاراضي القلوية . أو تستعمل مواد ينتج عن تفاعلها في الارض حامض الكبريتيك ، كالكبريت الذي يتحول الى حامض كبريتيك عن طريق الاكسدة البيولوجية ، أو كبريتات الحديدوز أو كبريتات الالومنيوم تتحولان الى حامض كبريتيك عن طريق التحلل المائي ، ويتم ذلك وفقاً للمعادلات الآتية :



أكسدة في التربة



ويتفاعل حامض الكبريتيك المضاف أو المتكون في التربة ، مع كربونات الكالسيوم فيتكون كبريتات الكالسيوم التي تتبادل مع الصوديوم المتبادل أو كربونات الصوديوم . وقد يتفاعل ، قسم منه ، مباشرة مع كربونات الصوديوم . ويتم ذلك وفقاً للمعادلات :



وهذه المصلحات تستعمل على نطاق واسع في الخارج ، إلا أنها غالية الثمن بالنسبة للجبس الواسع الانتشار في بعض المناطق السورية .

ويجب أن يستقر في الأذهان أن القلوية سببها زيادة الصوديوم المتبادل والذي ينتج عنه رداءة خواص الأرض الطبيعية وبالأخص البناء الأرضي ، فقد تضاف المصلحات للاحلال محل الصوديوم المتبادل ولا يتحسن بناء الأرض إذن يجب العمل أولاً على تحسين بناء الأرض باستعمال المادة العضوية التي تساعد في تحسين البناء ، وزيادة نفاذية الأرض للماء والهواء ، وتزيد فاعلية المواد المصلحة في الإصلاح عند ذلك ، ويستعمل أحياناً بعض المواد الصناعية لتحسين البناء مثل كربليوم وهذه مواد لها خواص لاصقة .

كما يجب العمل على المحافظة على هذه الأراضي بعد اصلاحها من التدهور بسلامة الصرف ، والمحافظة على مستوى الماء الأرضي منخفضاً باستمرار ، والعمل على تحسين خواص الأرض الطبيعية والكيمائية ، عن طريق استعمال الاسمدة العضوية ، والاسمدة المعدنية ذات التأثير الحامضي ، كما يلزم التأكيد باستمرار من خلط ماء الري من املاح الصوديوم .

الاراضي المالحة في حوض الفرات

(—)

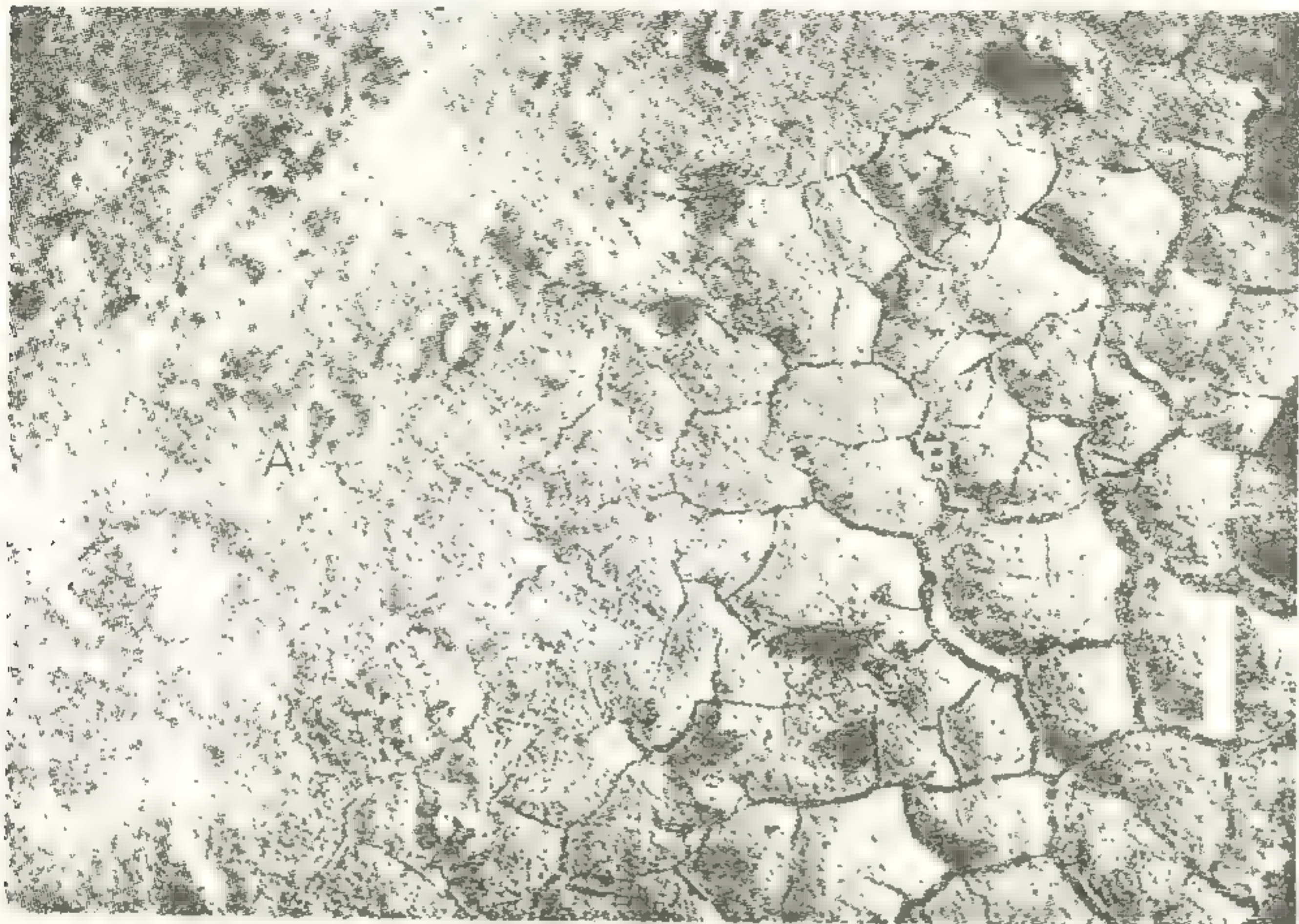
تمتد أراضي حوض الفرات على صورة شريط مواز لمجرى النهر على ضفتيه ، وتنتشر في هذه الاراضي زراعة القطن كمحصول رئيسي صيفي ، وتوجد مساحات ضيقة تنتشر فيها زراعة القمح كمحصول شتوي ، ولقد بدأت في هذه الاراضي منذ مدة تظهر اعراض انهيار الارض بسبب الملوحة . وتختلف مظاهر انهيار الارض من منطقة لاخرى ، ففي بعضها يظهر على السطح طبقة بيضاء من الاملاح المتزهره ، أو قد يبدو سطح الارض رطباً وكأنه مروي حديثاً ، وفي كلا النوعين تنتشر المساقات الدالة على الملوحة ، فضلاً عن ضعف النمو والانبات في بعض الاراضي المزروعة .

ولقد قام المؤلف بدراسة عن سبب الملوحة في اراضي حوض الفرات ، فوجد :

(١) - ان الاراضي المجاورة لشاطئ النهر غالباً ما تكون خالية من الملوحة أو قليتها ، وسبب ذلك أن النهر يعمل كمصرف الاراضي المحاذية له ، خصوصاً وان منسوب الماء في النهر ينخفض حوالي ٦ متر في المتوسط عن سطح الارض ، وهذا الفرق في المنسوب يكون فرقاً في الضغط الهيدروليكي يتيح الفرصة للماء الراشح أثناء الري الانتقال من الارض للنهر . ومما يساعد على سرعة الماء هذه ومن ثم انتقال الماء الجوفي من أماكن بعيدة عن الشاطئ الى النهر هو خشونة قوام الارض ، حيث تكون النفاذية كبيرة .

(٢) - أما الاراضي البعيدة عن شاطئ النهر والمحاذية للمرتفعات الجنوبية ، فهي غالباً غير منتظمة السطح ، ولذلك يصعب ريهها من مياه النهر ، فتروى من مياه آبار خاصة تسمى انبساطات ، بينما تروى بعض أقسام منها بمياه الفرات ، وتمتاز هذه الاراضي بارتفاع نسبة الجبس فيها وذلك نظراً لقربها من بادية الشام . والمعروف ان الجبس بطبيعته ملح غير ضار فيسيولوجياً للنباتات ، إلا انه يعمل على رفع الضغط الاسموزي للمحلول الارضي ، حيث تبلغ درجة التوصيل الكهربائي للمحلول المشبع بالجبس حوالي ٢١٢ ملليموز/سم . وتزداد نسبة ذوبان الجبس كثيراً إذا وجدت معه أملاح أخرى ، فلو استبعدت كمية الكالسيوم من مجموع الكاتيونات الذائبة بالمستخلص الارضي ، وكذلك كمية الكبريتات المكافئة له من مجموع الانيونات الذائبة ، لاحظ ان مجموع الكاتيونات المتبقية بسيطة ، أي أن الملوحة في هذا هذا القسم ترجع لطبيعة الارض نفسها ، ولكنها تبقى في الحدود غير الضارة .

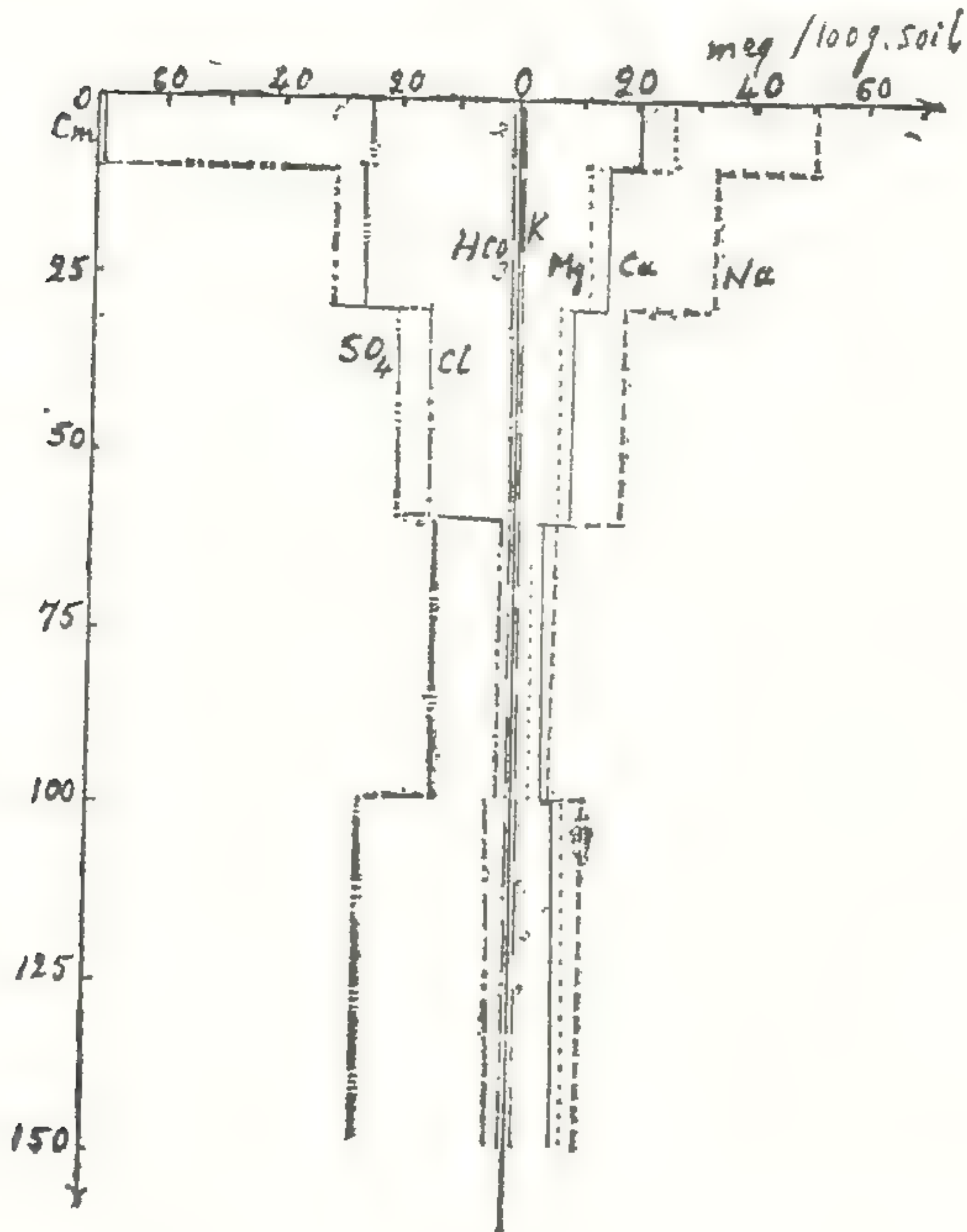
ولقد قامت نيديكو Neileco بتحليل عينات من مياه التـبـاعـات فـتـيـن أن قسماً منها يصنف ضمن المياه قليلة ومتوسطة الملوحة ، وأن قسماً آخر يقع ضمن المياه شديدة الملوحة . وأضافت أن مياه الآبار الحديثة أكثر صلاحية من مياه الآبار القديمة . والمعـلـوم أن استعمال مياه غير جيدة في الري تعمل على تراكم الأملاح في الأرض ، خصوصاً إذا كانت كمية المياه انضافة بسيطة بحيث تملل منطقة الجذور فقط .



شكل ٤ - اختلاف البناء في الأراضي المالحة في حوض الفرات في موقعين
 آ - طبقة سطحية مع أملاح متزهرة ، تملأ حوالي ٥ سم عن المنطقة ب
 التي تجاورها . ب - بفساء قلبي في أرض طينية مع تشققات
 واضحة في منطقة مالحة منخفضة

٣ - أما القسم الثالث ، وهو الأراضي الممتدة بين القسمين السابقين ، فلقد لوحظ بها أنواع من الأراضي : أراضي تبدو بها أعراض الملوحة بنسب مختلفة ، وأخرى جيدة لا تبدو فيها أعراض الملوحة هذه ، وذلك على الرغم من وقوع كلا النوعين تحت ظروف واحدة من المناخ الجاف الحار صيفاً ، والري من مياه الفرات المصنفة ضمن مجموعة المياه (قليلة التوصيل عديمة الملوحة) ، حيث يمكن استعمالها

٦
في ري جميع أنواع الاراضي دون أن تكون هناك خطورة من استعمالها . أضف الى ذلك اقوام الحشن
الذي يمتاز به أراضي حوض الفرات عامة ، والذي يشجع رشح الماء الى الاعماق ، كما أنه يعيق الحد ما
ارتفاع الماء بالخاصة الشعرية الى السطح .



شكل ٤١ - التركيب الكيميائي لأرض مالحة في حوض الفرات

ولقد عزا المؤلف الاختلاف الواضح بين نوعي الاراضي هاتين الى الاختلاف في العمليات الزراعية
التي تجري في كل منها ، ففي منطقة كالمشارفة عند الميادين ، و يمتاز أراضيها بجودتها الزراعية ، فالمعلوم
أنها المنطقة الوحيدة في حوض الفرات التي تعنى بزراعة الخضروات ، كما تتبع فيها دورة زراعية ،

وتضاف الاسمدة ، وتقام بها عمليات خدمة مناسبة . ولذلك حافظت الأرض على جودتها ، أما الصفة الغالبة لباقي أراضي الفرات فهي زراعة القطن باستمرار عاماً بعد آخر ، دون أية مراعاة لما يسمى بالدورة الزراعية ، كما أن عمليات الخدمة لا تؤدي بالشكل الملائم ، حيث يزرع القطن في مساكب ، ويعطي الفلاح الماء للأرض بغير حساب ، كما ترك الأرض كما هي بدون حراثة بعد قطاف القطن حتى موسم الزراعة التالي . كل ذلك يؤدي بصفة غير مباشرة لتراكم الأملاح في الأرض ، ثم زيادة انتشارها عاماً بعد آخر . فالري الغزير المستمر للقطن يعمل على رفع مستوى الماء الأرضي ، كذلك ترك الأرض بور بدون حراثة يعمل على زيادة الاتصال الشعري بين الطبقات تحت السطحية والطبقات السطحية فيرتفع المحلول الأرضي إلى السطح ، ويتبخر الماء تاركاً الأملاح لتتراكم . كذلك الاستمرار في زراعة القطن ، دون أن تكون هناك دورة زراعية يدخل فيها أحد المحاصيل الشتوية ، حيث تتراكم الأملاح في السطح دون أن تتاح الفرصة للري الشتوي (حيث انخفاض الحرارة) من غسل الأملاح التي تراكت .

ويمكن إيجاز أسباب الملوحة في حوض الفرات بالتالي :

١ - ادخال محصول القطن في اوائل الخمسينيات ، وقبال المستثمرين على استثمار أموالهم في مشاريع زراعة القطن وربها من الانهار أو الآبار ، بهدف الحصول على أكبر عائد من الأرض بأقصر فترة ممكنة دون مراعاة للاسس السليمة لاستخدام المياه ، أو المحافظة على خصب الأرض ومنعها من التدهور . مما دفعهم إلى زراعة القطن سنة بعد أخرى في نفس الأرض مع اعطاء كميات كبيرة من المياه خلال موسم النمو مما أدى إلى ارتفاع مستوى الماء الأرضي وبالتالي تمليح الأرض .

٢ - الاستنزاف الكبير للموارد المائية الأرضية عن طريق حفر الآبار بدرجة مكثفة (وذلك في الأراضي المجاورة للبادية) بغض النظر عن نوعية المياه وأثرها في تمليح الأرض . وكذلك عدم مراقبة نوعية هذه المياه حتى بعد وصولها إلى الحد الذي أدى إلى الانهيار السريع للأرض بالتملح .

٣ - عدم اتباع العمليات الزراعية الملائمة ، ثم عدم مراعاة دورة زراعية مناسبة للاحتفاظ بتوازن الأملاح في الأرض عند المستوى الملائم لنمو النبات ، إذ جرى التركيز على زراعة محصول واحد هو القطن ، دون النظر إلى ما يعقب ذلك من آثار غير ملائمة في تمليح الأرض ، ودون الانتباه إلى اتباع دورة زراعية تشمل محاصيل تسمح بنفيل الأملاح من الأرض إذا ما تجمعت خلال فترة محصولية معينة .

٤ - إهمال دراسة تركيب الأرض الجيولوجي التي وضعت تحت نظام الري وذلك من حيث احتوائها على ملوحة أولية أو تكوينات ملحية . ويرتبط في ذلك الموقع الطبوغرافي للأرض ، حيث تتعرض بعض الأراضي التي تحيط بها المرتفعات إلى السيول القادمة من البادية والتي تحمل بعض الأملاح حيث تتجمع هذه الأملاح في التربة .

• - عدم وجود نظام ري وصرف مدروس بشكل علمي ، فالأقنية الرئيسية غير مبطنة بالرغم من ارتفاع منسوبها عن منسوب الأرض وهي من مكونات خشنة ذات نفاذية عالية ، مما ساعد في رفع مستوى الماء الأرضي ، وشجع على ذلك عدم وجود مصارف ، الأمر الذي جعل مستوى الماء الأرضي فوق الحد الحرج في أغلب المناطق مما شجع انتشار الملوحة .

الاماليب التكنولوجية لمعالجة مشكلة التملح في حوض الفرات :

لقد أمكن نتيجة للدراسات التي أجريت في أراضي حوض الفرات لمعرفة أسباب الملوحة ، وكذلك الدراسات التي أجريت على أراضي مشابهة في العالم ، اقتراح الحلول التالية لقضاء على مشكلة الملوحة ومنع تزايدها :

أولاً - ضرورة توفير نظام صرف فعال : وذلك بهدف التخلص من مياه غسيل الاملاح عند اصلاح الأرض ، وكذلك منع مستوى الماء الأرضي من الارتفاع مستقبلاً الى أعلى من الحد الحرج . ويمكن تحقيق نجاح نظام الصرف بالانتباه الى اربعة نقاط رئيسية هي : أعماق المصارف المناسبة ، المسافة بين المصارف ، نوعية المصارف ، أطوال المصرف .

ونتناول كلاً من هذه النقاط :

١ - أعماق المصارف المناسبة : يتحدد عمق المصرف في أي مشروع صرف بعاملين رئيسيين :
آ - نظام تماكب الطبقات في الأرض : لقد أصبح من المعروف أن توضع المصارف في الحد الفاصل بين الطبقات المنفذة والطبقات ذات النفاذية الأبطأ ، ولا ينتظر فائدة كبيرة من وضع المصارف على أعماق بعيدة اذا كانت الطبقة التي توضع بها بطيئة النفاذية وتعلوها طبقة منفذة .

وتشير دراسة التركيب الميكانيكي لأراضي حوض الفرات أنه يمكن وضع المصارف في الطبقة من ١٢٠ سم - ١٥٠ سم والعامل المحدد لذلك هو نظام تماكب الطبقات المنفذة والاقلة نفاذية . علماً بأن أفضل منسوب ماء أرضي يرغب المحافظة عليه هو ١٥٠ سم عمق .

ب - نظام الاستغلال الزراعي ، أي الدورة الزراعية المستخدمة : حيث يفضل في مثل هذه الأراضي عدم ترك الأرض بوراً خلال أي فترة في السنة ، أي اتباع دورة زراعية مكثفة ، وفي هذه الحالة تصبح وظيفة المصارف التخلص من الزيادة من مياه الري وما بها من أملاح ، فضلاً عن منع ارتفاع مستوى الماء الأرضي ، وعندئذ لا ضرورة لتعميق المصارف كثيراً نظراً لحركة الماء والاملاح باستمرار لأسفل دون وجود احتمال لاعادة التملح .

وعند زراعة الاشجار المثمرة تعمق المصارف لأكثر من ذلك وينصح بزيادة العمق حتى ١٨٠ سم .

وكذلك عند اتباع دورة زراعية غير كثيفة خصوصاً اذا كان جزء من الارض سيترك بور خلال الصيف، فإنه ينصح بتعميق المصارف الى أكثر من ذلك وقد يصل العمق الى ٢ م .

٢ - المسافات بين المصارف : تحدد المسافات بين المصارف من التركيب الميكانيكي للارض ، والذي تتعلق درجة النفاذية به كثيراً . وتشير الدراسات المتعددة الى أن أراضي حوض الفرات هي من النوع الطميية والطينية الطميية ، وأن أغلب هذه الاراضي ذات نفاذية عالية أكثر من متر واحد في اليوم . ولذلك يوصى أن تكون المسافة بين المصارف في حدود ١٠٠ م ، واذا زادت النفاذية الى ١٥٥ - ٢٠٠ م/يوم فيمكن أن تزداد المسافات الى ١٥٠ م . وعلى العكس اذا نقصت النفاذية حتى ٥٥ - ١٠ م/يوم فتتخفض المسافة بين المصارف الى ٦٠ م .

٣ - نوعية المصارف : نظراً لاحتواء الارض على الجبس والاملاح السلفاتية الاخرى لذا لا ينصح باستخدام الانابيب الاسمنتية المادية في المصرف ، نظراً لتأثرها بالاملاح السلفاتية ، اذ قدر متوسط عمرها في مثل هذه الظروف ٥ سنوات . وبفضل استخدام الانابيب البلاستيكية أو الانابيب الفخارية (الطين المحروق) في مثل هذه الحالة .

٤ - أطوال المصارف : يتحدد طول المصرف بنظام استغلال الارض ودرجة استوائها ، وكذلك عمق الصرف . فاذا اريد استخدام الميكنة في الاستثمار الزراعي يجب زيادة طول المصرف حتى ٢٠٠ - ٢٥٠ م بشرط امكان اجراء تسوية غير مكلفة في هذا الطول ، وكذلك ألا يزيد عمق المصرف في البداية عن ١٨٠ سم . أما اذا كانت الارض غير مستوية وتكاليف التسوية مرتفعة وعمق المصرف كبيراً فيفضل أن يكون طول المصرف من ١٠٠ - ١٥٠ م .

ويقترح أن تكون المصارف المجهزة للحفليات منطاة لتلافي حدوث انهيارات في مثل هذه الاراضي الخفيفة وكذلك لتقليل نفقات الصيانة .

ثانياً - وضع سياسة لاستخدام المياه ، وذلك بهدف غسل الاملاح من الارض ، وضمان حفظ توازن الاملاح في منطقة نمو الجذور عند الحد الملائم لمعظم النباتات . ولذلك يقترح إعادة تخطيط شبكة الري بما يحقق النقاط الآتية :

١ - أن تنفذ شبكة الري بطريقة تمنع رشح الماء من الشبكة الى الاراضي المنخفضة وذلك عن طريق استعمال القنوات المبطنة أو الانابيب أو القنوات المملقة تبعاً لطبيعة الارض . ويقترح الاعتماد عن قنوات الري المرتفعة والتي يعلو مستواها كثيراً عن ارض الزراعة .

٢ - أن يتلامم الجرى المائي في شبكة الري مع طبوغرافية الارض ، حيث يرفع الماء الى الاماكن المرتفعة في المنطقة ، ثم يسيل الماء بالجاذبية الى الاماكن المنخفضة ، أي على عكس ما هو متبع حالياً في جنوب وادي الفرات حيث ترفع المياه في قنوات ضد ميل الارض .

٣ - عند تصميم شبكة الري ، يراعى حساب احتياجات الغسيل اللازمة للأرض في فترة الاستصلاح ، وكذلك احتياجات الغسيل اللازمة للمحافظة على توازن الاملاح المناسب في مراحل الاستزراع المختلفة ومن الضروري الانتباه الى أن المقنن المائي يجب أن يغطي حاجة المحصول المنزرع وكذلك احتياجات الغسيل خصوصاً في فترة الصيف .

٤ - عدم الترخيص بحفر آبار (نباعات) في مثل هذه الأراضي ، والاستعاضة عن ذلك بإنشاء مضخات كبيرة تأخذ مياهها من النهر وتوصلها الى الأرض ، وإذا احتاجت بعض القطع الى آبار فمثلاً الضروري تحليل مياه هذه الآبار ، ومنع استخدام المياه ذات الملوحة المرتفعة . ويجب تحديد المسافة بين الآبار وكذلك التصرف المسموح به من كل بئر .

ثالثاً - وضع سياسة استغلال زراعية للأرض ، بحيث تسمح بالتخلص من الاملاح الموجودة وتتمتع تراكم الاملاح بعد ذلك . ويتحقق ذلك بالتالي :

١ - يراعى غسل الأرض بالماء قبل زراعة الأرض وبعد إنشاء المصارف وأجراء عملية التسوية فيها ، ويقدر عمق ٦٠ - ١٠٠ سم من الماء كافية لغسيل الاملاح الموجودة .

٢ - زراعة الأرض في مراحل الاستزراع الاولى بمحاصيل تتحمل الملوحة ، أي أن الدورة الاستصلاحية يجب أن تحوي محاصيل مثل الشعير والشوندر والبرسيم وأنواع الذرة Sorghum والأرز .

٣ - ثم تبدأ دورة استزراعية تشمل القمح أو البرسيم شتاءً ، وابقطن والذرة صيفاً ، ويقترح أن تدخل زراعة الأرض بمعدل مرة واحدة كل ثلاث سنوات في الأراضي ذات النفاذية البطيئة .

٤ - ويراعى أن تتبع دورة زراعية كثيفة بحيث لا تترك الأرض بوراً خصوصاً في الصيف ويمكن باستخدام الفصاة ضمن غسيل الاملاح من الأرض صيفاً .

٥ - كذلك يجب عدم تطويل الفترة بين الريات خصوصاً في مراحل الاستصلاح الاولى . وتقدم كميات المياه لتغطي احتياجات الغسيل وحاجة المحصول المنزرع .

٦ - من المستحسن قبل زراعة المحاصيل الشتوية والصيفية اعطاء رية غزيرة لغسل الاملاح التي تكون قد تراكمت أثناء فترة نمو المحصول السابق .

رابعاً - اتباع نظام سليم في خدمة الأرض بعد مرحلة الغسيل : لقد أصبح معلوماً ان في أراضي المناطق الجافة ونصف الجافة المروية توجد هجرة موسمية وتجمع الاملاح في التربة ، ويحدث ذلك نتيجة التغيرات في المناخ ونظام الري وزراعة الأرض . فعقب كل رية مثلاً تحدث إزالة مؤقتة للاملاح يليها إعادة تمليح بين كل ريتين نتيجة فقد المياه بالتبخير والنتح ، وفي نهاية الموسم تتراكم الاملاح في التربة بكميات تختلف حسب المناخ ، ونظام الري ، ونوع المحصول المنزرع . وتؤثر المحاصيل كثيراً في ذلك ،

فالمحاصيل ذات التبخر - النتح المنخفض كالشمير (ولو انها تتحمل الملوحة) الا انها تعمل على زيادة الاملاح في نهاية الموسم نتيجة لقلة احتياجاتها لماء الري . أما البرسيم وحاجته للماء شديدة ، فانه يعمل على خفض الاملاح في نهاية موسم الزراعة . وكذلك فان أغلب المحاصيل التي تزرع على خطوط وتكون حساسة لكثرة مياه الري كالقطن والذرة تعمل على زيادة تجمع الاملاح على قمة الخطوط .

ويستحسن عدم ترك الارض بوراً في الاراضي المستصلحة خلال أشهر الصيف بل تتبع دورة زراعية مكثفة ، وعند الاضطرار لترك جزء من الارض بور خلال الصيف لعدم كفاية المياه مثلاً ، فن الضروري حرث الارض مباشرة بعد حصاد المحصول لتحد من حركة الماء الارضي بالخاصة الشعرية نحو السطح وبالتالي منع تراكم الاملاح في السطح .

ويمكن اعطاء رية عزيرة قبل زراعة المحصول الشتوي لتخلص من الاملاح التي تراكت في التربة في الموسم السابق ، وتكون درجة الحرارة منخفضة والتبخر في درجاته الدنيا والحاجة الى المياه قليلة .

كذلك تختار فترات ري متقاربة ، اذ لا ينصح عند الري الانتظار حتى تصل نسبة الرطوبة الى قرب معامل الذبول بل يمكن ان تروى عندما تنخفض نسبة الرطوبة الى ٥٠٪ من كمية الماء القابل للاستفادة مثلاً

ومن الضروري اتباع دورة زراعية مكثفة ، لأن وجود محصول باستمرار في الارض يفتح الفرصة للاملاح الانتقال الى المصارف بدلاً من صعودها وتراكمها في السطح . ويحسن أن تدخل في الدورة الزراعية محاصيل محبة للماء كالارز والقصب . كذلك ترتب الدورة بحيث تتناوب المحاصيل المحبة للماء مع المحاصيل الاخرى كزراعة الارز بعد القمح ، والبرسيم بعد الذرة ، أي يجب ان تشمل الدورة الزراعية في الاراضي المستصلحة محاصيل تزرع على فترات وتسمح بنفسيل ما قد يكون تجمع من الاملاح في التربة .

أما التسميد ، فعلى الرغم من أهميته في زيادة المحصول في الاراضي الجيدة ، فقد يعطي نتائج معاكسة في الاراضي المالحة . ولقد لوحظ ان الاراضي شديدة الملوحة تنخفض فيها كمية المحصول نتيجة التسميد ومع تناقص الملوحة تبدأ الاستجابة للتسميد عند درجة معينة ، ثم تزداد الاستجابة للتسميد مع تناقص الملوحة حتى تصل الى أعلى قيمة لها في الاراضي العادية ، وينطبق هذا القول على كل من التسميد الآزوتي والتسميد البوتاسي ، أما التسميد الفوسفاتي فأقل تأثيراً ، وعلى العموم عندما ترتفع نسبة الملوحة الى درجة توصيل كهربائي مقدارها ٧ ملليموز / سم في الاراضي المشبعة فانه لا ينصح بتسميد الارض عند ذلك .

وعلى العموم يمكن المحافظة على الارض بعد الاستصلاح باتباع الوسائل الآتية :

١ - استمرار المحافظة على مستوى الماء الارضي اخفض من الحد الحرج .

٢ - استمرار متابعة وسائل تحسين خواص المياه الجوفية .

- ٣ - ضرورة اجراء عمليات الفسيل على فترات تختلف حسب سرعة تجمع الاملاح .
- ٤ - ضرورة منع الرشح من القنوات ، وكذلك منع الري الغزير بأكثر من الاحتياجات المائية للمحصول والفسيل ، وذلك حتى لا تزحم المصارف بالمياه ، فتقل فعاليتها .
- ٥ - استمرار اجراء عمليات التسوية لضمان حسن توزيع المياه أثناء الري وبالتالي تحول دون حدوث التمليح المحلي .
- ٦ - صيانة شبكة الصرف باستمرار .

خامساً - اقتصاديات عمليات الاستصلاح والاستزراع :

من الضروري التأكد من اقتصاديات عمليات الاستصلاح والاستزراع قبل البدء بتنفيذ المشروع ، ومن ثم حساب العائد من المشروع ، ويمكن ان يقسم المشروع اقتصادياً الى اربعة مراحل :

١ - المرحلة الانشائية : وتشمل تكاليف الدراسات والتحريات ، ثم عمليات التسوية ، وشبكات الري والصرف ، ومحطات الضخ والاسكان والطرق والكهرباء ومياه الشرب ... وغيرها .

٢ - مرحلة الفسيل والزراعة الاستصلاحية : وتشمل تكاليف عمليات التسوية الدقيقة والفسيل ومستلزمات الانتاج . وفي هذه المرحلة يزيد الانفاق عن العائد من الارض .

٣ - مرحلة الزراعة تحت الحدية : وفي هذه المرحلة يتدرج فيها العائد من الارض مقترباً من الانفاق حتى يتساوى معه .

٤ - مرحلة الزراعة الاقتصادية : وفيها تصبح الارض بيئة صالح لنمو النباتات وتزيد الايرادات عن الانفاق حتى تصل لحد ثابت ان لم تحدث تغيرات في اسعار الحاصلات ومستلزمات الانتاج .

وبحسب عمر المشروع عادة على اساس ٣٠ سنة بالنسبة لمعظم مكوناته ، اذ من معرفة الاستثمارات وتكاليف التشغيل والعائد الكلي يمكن حساب معدل صافي العائد .

وتشير الدراسات المجراة على أن تنفيذ مشروع صرف لاستصلاح اراضي حوض الفرات اقتصادي جداً ، ولا توجد به تعقيدات ومشكلات تعيق التنفيذ ، فالاملاح في هذه الاراضي كما ذكرنا من نوع كلوريدات وكبريتات الصوديوم والكالسيوم والمغنيسيوم ، والنسبة المثوية للصوديوم المتبادل منخفضة ، والاراضي على العموم خشنة القوام ، لذا تعتبر مشكلة اصلاح هذه الاراضي سهلة عموماً من الناحية الفنية.

الباب الرابع

وبشمل الفصول الآتية :

- ★ الفصل الاول - تقسيم الاراضي .
- ★ الفصل الثاني - لمحة عن التقسيم السابع .
- ★ الفصل الثالث - الاراضي المرية السورية .
- ★ الفصل الرابع - حصر الاراضي .
- ★ الفصل الخامس - المحافظة على الاراضي .

العلم الحديث

تقسيم الاراضي

SOIL CLASSIFICATION (SOIL SYSTEMATIC)

مقدمة :

أينما مما تقدم في الباب الاول ، ان اي ارض ما هي الا نتيجة لموامل واسعة التباين من الموامل الجوية والحيولوجية والطبوغرافية والحيوية التي عملت على مر السنين . فالموامل الجوية قد تختلف من البرد القارس كما في المناطق القطبية الى الجو المعتدل في المناطق المعتدلة ، الى الجو الحار كما في المناطق الاستوائية وكل مكان في هذه المناطق الثلاثة قد يكون جافاً هديماً المثل كالمصحارى ، أو قد يكون نصف جاف أو نصف رطب كما قد يكون رطباً كثيراً الأمطار . كذلك نجد من الناحية الجيولوجية ان كل مساحة من الارض قد تتشابه وقد تختلف اختلافاً بيناً في صخورها عن صخور المساحات الاخرى . كما أن طبوغرافية الارض قد تختلف من اراضي واقفة في مناسيب أوطاً من سطح البحر او قريبة منه ، او قد تكون عالية جداً كالهضاب والجبال . ثم الموامل الحيوية المختلفة اذ قد تختلف النباتات والاحياء التي تنمو وتعيش في مساحة من الارض عن ارض اخرى .

وطبيعي ان تنتج هذه الموامل التكوينية المتباينة اراضي لا بد أن تختلف كثيراً او قليلاً بعضها عن بعض . مما حدا بالعلماء الى محاولات لتقسيم الاراضي الى مجموعات متشابهة او متقاربة متخذين في ذلك اكثر من مبدأ واحد في التقسيم .

وقد اتجه علماء الاراضي اتجاهاً عديدة في تقسيمهم للاراضي ، واتخذوا كثيراً من خواصها اساساً للتقسيم . وقد نَحَص توليكوف Tulaikoff عام ١٩٠٨ هذه المحاولات في تقسيم الاراضي الى خمسة اقسام كالآتي :

١ - التقسيم الجيولوجي التكويني Geological - Petrographical ، وفيه اتخذت جيولوجية

الأرض ، والصخور المتكونة منها ، وطريقة تكوينها أساساً للتقسيم ، مثل : أرض متكونة على صخور جيرية أو صخور بازلتية ، أو أرض متكونة في العصر الميوسيني أو الأيوسيني ، أو يقال أرض متكونة في الحقب الرابع ... الخ .

٢ - التقسيم الكيماوي Chemical : وفيه قسمت الأرض حسب خواصها الكيماوية البارزة ، مثل : التقسيم حسب درجة الحموضة ، أو حسب وجود أو عدم وجود كربونات الكالسيوم ، أو حسب كمية الأملاح الذائبة ، أو نوع معدن الطين ... الخ .

٣ - التقسيم الطبيعي (الفيزيائي) Physical : وفيه اتخذ التركيب الميكانيكي للتربة مع الخواص الفيزيائية المتوقعة عليه أساساً للتقسيم ، مثل : التقسيم حسب قوام الأرض : أرض طينية أو طميية أو رملية ، وكذلك حسب درجة النفاذية ، أو قوة التماسك . وكثيراً ما يتخذ اللون أساساً للتقسيم ، كأرض بنية أو حمراء ... الخ .

٤ - التقسيم المشترك Combined ، وفيه اتخذ أكثر من خاصية أساساً للتقسيم ، كتقسيم الأرض أولاً كيميائياً ثم تقسيم كل قسم من الأقسام الكيماوية ثانية تبعاً للخواص الفيزيائية ، مثل : أرض حامضية ذات لون أحمر أو بني ، وأرض قاعدية ذات لون أحمر أو بني أو غير ذلك . وقد يكون التقسيم الأول فيزيائياً والثاني كيميائياً مثل : أرض بنية ذات طين من نوع المونتموريلونيت ، وقد يكون الاشتراك بين التقسيم الجيولوجي واحد التقسيمين الآخرين مثل : أرض بنية من عصر الميوسين أو حمراء من عصر البليستوسين ... الخ .

٥ - التقسيم النشوي Genetic : وفيه اتخذ أصل الأرض ومدى تطورها كأساس للتقسيم : مثل أراضي متطورة كالبودسول والقرميديية ، أو عديمة التطور كالأراضي الرسوية والصخرية ، أو قليلة التطور ... الخ .

وعموماً فإن تقسيم الأراضي في العالم لم يفصل فيه برأي قاطع موحد حتى الآن كما في بقية العلوم كالنبات والحيوان ، ويرجع ذلك إلى عدة عوامل أهمها الآتي :

١ - أن القطاعات الأرضية تتغير باستمرار تبعاً لعوامل تكوين الأراضي، وهذا يعمل على صعوبة وضع الأرض تحت النوع الذي تتبعه . إذ المعلوم أن الأرض ذات طبيعة ديناميكية تتغير باستمرار ، وكثيراً ما يكون التغير بطيئاً جداً ولكن أحياناً يكون سريعاً كما في تحول الأراضي المستغلة حديثاً في نظام الري إلى أراضي مالحة .

٢ - أن طرق التحليل المتبعة في دراسة علم الأراضي لم توحد إلى وقتنا هذا بالرغم من المحاولات الجادة العالمية ، والحقيقة فإن لكل أرض صفات خاصة تلائمها طريقة تحليل معينة .

٣ - ان الوصف المورفولوجي (الشكل الطاهري) للقطاعات الارضية لا يمكن توحيدده لنوع واحد من الاراضي في مختلف الجهات .

٤ - ان علم الاراضي من العلوم الحديثة والمعلومات عن اراضي العالم كانت قليلة حتى فترة قريبة. كل هذه الاسباب أخرت الوصول الى تقسيم موحد في العالم . فالمدرسة الالمانية اعتمدت على الناحية الجيولوجية النكوبية ، والمدرسة الروسية اعتمدت على عوامل تكوين الاراضي ، في حين ان المدرسة الامريكية ، اعتمدت على الناحية الجغرافية فضلاً على بعض الآراء الخاصة بخواص الارض وطرق استغلالها، اي لم يكن لها آراء محددة في ذلك . وتقترح المدرسة الامريكية حالياً تقسيماً جديداً تراعي فيه جميع العوامل ذات العلاقة في تكوين الاراضي بالإضافة الى خصائص الارض المختلفة ، وكان ذلك بناء على المعلومات المتزايدة عن اراضي العالم ولقد عقدت ثلاثة مؤتمرات عالمية لدراسته الاول عام ١٩٦٤ والثاني ١٩٦٩ والثالث في صيف عام ١٩٧٤ في موسكو بالاتحاد السوفياتي لاقاراره في شكله النهائي ، فضلاً عن بعض الاجتماعات العلمية التمهيدية السابقة ومنعطي لمحة عن هذا التقسيم في الفصل التالي .

القواعد الاساسية في تقسيم الاراضي :

تتلخص القواعد الاساسية في تقسيم الاراضي فيما يلي :

أولاً - العوامل الخارجية المحيطة التي تعمل على تكوين الاراضي وتشمل :

١ - المناخ : وهو اما ان يكون جافاً صحراوياً ، او نصف صحراوي ، او رطباً ... الخ .

٢ - مادة الاصل .

٣ - طبوغرافية الارض .

٤ - المزروعات والاحياء .

ثانياً - الصفات الخاصة في الارض : Static Properties

حيث يمكن تقسيم الاراضي تبعاً للصفات الآتية :

١ - الصفات الطبيعية Physical properties : وتشمل درجة التعجب ، وشكل الآفاق ، واللون

والقوام ... الخ .

٢ - الصفات الكيميائية Chemical properties : أي التركيب الكيماوي للمواد المنقولة داخل

القطاع ، كمية المواد الغذائية ... الخ .

٣ - الصفات الظاهرية Soil morphology : وتبحث في درجة تضج الاراضي .

ثالثاً - نشأة الاراضي :

أي عمليات تكوين الاراضي وتشمل :

١ - عمليات التكوين : أي تكوين القطاع من مادة الاصل عن طريق التآثيرات الطبيعية والكياوية والحيوية ، وتكوين العين وهدمه ، وتراكم المواد العضوية .

٢ - نقل المواد المتحضرة داخل القطاع : وهي العمليات التي تحدث في القطاع الارضي حيث تنقل المواد المتحضرة داخل القطاع . واتجاه هذا النقل : اما الى أعلى كما في الجهات الحافة ، او الى اسفل كما في الجهات الرطبة ، ثم دراسة صفات المواد المنقولة .

لمحة عن الآراء المختلفة في تقسيم الاراضي :

منذ ان عرف المناخ كعامل اساسي في تكوين الاراضي وتطورها ، حدثت عدة محاولات لوضع أسس لتقسيم المناخ بغية إيجاد علاقة لأقسام المناخ بأقسام الارض . فاقترح Lang معامل المطر Rain factor ، واقترح A.Meyer معامل نقص التشبع N. S. Quotient (١)

ووضع De Martonne معادلته وهي :

$$I = \frac{P}{T+10}$$

حيث P = كمية الامطار بالم . و T = درجة الحرارة الوسطى بالمتوي .

كما وضع امبيرجيه معادلة تسمى معادلة العامل الرطوبي الحراري وهي :

$$\text{العامل} = \frac{\text{كمية الامطار بالم}}{(د ص + د ص) (د ص - د ص)} \quad \text{باعتبار أن :}$$

٢

$د ص$ = متوسط درجة الحرارة العظمى للشهر الاكثر حرارة .

$د ص$ = متوسط درجة الحرارة الصغرى للشهر الاقل برودة .

وبلاحظ ان $د ص$ (و) $د ص$ تحسبان ابتداء من الصفر المطلق اي (+ ٢٧٣) وذلك لتلافى الارقام السالبة .

ويعتبر Sibirtsev عام ١٨٩٥ اول من اعتمد على عوامل تكوين الاراضي في التقسيم واهتم بعامل المناخ خصوصاً عنصري الحرارة والمطر وقد قسم الاراضي في العالم الى ثلاثة مجاميع كبرى هي :

(١) معامل مطر Lang ومعامل نقص التشبع المذكوران صفحة ٨٨ و ٩٠ على الترتيب .

آ - الاراضي النطاقية (المنطقية) Zonal soil : بعد تأثير عوامل تكوين الاراضي المختلفة على الصخور الاصلية لمدة زمنية طويلة ، فان الاراضي الناتجة والتي تشغل مساحات واسعة تتقارب في صفاتها على الرغم من اختلاف مواد الاصل التي تكونت عليها التربة ، وهذا يحدث اذا كانت ظروف المناخ السائدة في جميع هذه المساحات مستمرة ومتماثلة . يطلق على مثل هذه الاراضي اسم اراضي منطقية (او نطاقية) Zonal soil وهي تشمل معظم مجاميع الاراضي في العالم Great soil group .

ب - الاراضي بين النطاقية (الوسطية او المحلية) Interazonal soil : وهي الاراضي التي توجد مع الاراضي النطاقية ، ولكن ينعكس فيها تأثير بعض الظروف المحلية مثل الصرف الرديء او الاملاح القلوية وغيره . كما يكسب الارض بعض الصفات الخاصة التي تسود على اثر المناخ . ومن امثلتها الاراضي المالحة Saline soil ، والاراضي العضوية Peat soil ، والرنديزينا Rendzina .

ج - الاراضي اللانطاقية (اللانطقية) Azonal soil : وهي اراضي لم يتدخل المناخ في تكوينها الا بقدر بسيط . ويظهر بوضوح في التربة تأثير مادة الاصل ، ولذلك تعتبر تربة غير متطورة لحداتها او ظروف تكوينها ، ومن امثلتها : الاراضي الرسوبية Alluvial soil والاراضي المنقولة بفعل الرياح Colluvial .

رقد اعتمد Gedroiz عام ١٩٢٩ في تقسيمه على اساس كيميائي وهو مقدار تشبع الارض بالقواعد او الابدوجين ، ويتلخص تقسيمه في :

١ - اترية ذات مركب امتصاص غير مشبع بالقواعد (بل يوجد الابدوجين بنسبة كبيرة) .
ومن امثلتها : اراضي البودسول Podsol ، والقرميديية Laterite .

٢ - اترية ذات مركب امتصاص مشبع بالقواعد . ومن امثلتها : الاراضي الكستنائية والتشرونوزم وغيرها ، وكذلك الاراضي المالحة والقلوية .

اما Marbutt عام ١٩٣٦ فلقد قسم الاراضي الى قسمين كبيرين استناداً الى عمليات التكوين وايضاً الى بعض الخواص الكيميائية في التربة وكان تقسيمه كالتالي :

١ - اراضي ذات انفصال كامل لكاربونات الكالسيوم تحت تأثير المناخ الرطب ومجد هنا حركة ومرور وتراكم الاكاسيد السداسية (أكاسيد الحديد والالومنيوم) في القطاع الارضي . واطلق على هذا القسم Pedalfer (Ped-Al-Fe-R) ويدخل تحتها البودزول ، وهي الاراضي التي تكونت تحت المناخ الرطب البارد في وجود الدبال الحامضي ، والاراضي القرميديية Laterites وهي الاراضي التي تكونت تحت المناخ الرطب الحار .

٢ - اراضي ذات انفصال جزئي لكاربونات الكالسيوم ، حيث تترسب الكربونات في مناطق

خاصة في القطاع قد تصل احيانا لنسبة أعلى من وجودها في مادة الاصل . ونقد اطلق على هذا القسم اسم (Pedocals (Pedo-ca-l) . ويدخل تحت هذا القسم اراضي التشنوزم chernozems والكستنائية Chestnut والبنية الكاسية .

ولقد رتب Robinson انواع الاراضي النطاقية من حيث المناخ التي تكونت تحتها كما يلي :

جاف بارد		رطب بارد	
جليد وتلوج راحمة			
قراصم التندرا			
أراضي صحراوية سيريزيم (قلوية)	الأرض حراوية راحمة أو بودزولية راحمة		بودزولية بنية
	أراضي حراوية راحمة	أراضي حراوية راحمة	بنية راحمة شبهية بالبودزول
أراضي صحراوية	بنية	كستنائية	بودزولية صفراء - تميل للحمراء
أراضي صحراوية	بنية	كستنائية	لا توضع *
* كانت تقسم في المذلة قديمة في الفترة 1944			
جاف حار			رطب حار

شكل (٤٢) رسم تخطيطي يشير الى توزيع الاراضي النطاقية وعلاقتها بالمناخ

والحقيقة فان المتبع لأنواع التقاسيم في العالم يجد انه مهما تفرحت واختلفت وجهات النظر في تقسيم الاراضي ، فانها ترتكز على مدى ونوع عمليات غسل ونقل مكونات الارض من طبقة الى اخرى Leaching process . ولذلك يمكن ان تميز بها الاقسام الثلاثة الآتية :

١ - اراضي تمت فيها عمليات النسيل والمقل وتشمل : البودسول Podsol وهي التي تم تطورها تحت تأثير الدبال الحامضي . ثم الاراضي البنية Brown والاراضي الصفراء Yellow والحمراء وارضيات اللاتريت Laterite ، وهذه هي التي تم تطورها في غياب الدبال الحامضي .

ب - اراضي تعطلت او اوقفت فيها عمليات النسيل والنقل . وتشمل : الاراضي القلوية Alkaline soils ، والاراضي المالحة Saline soils وارضيات المروج Meadow soils .

ج - اراضي لم تتم او تنهي فيها عمليات النسيل والمقل وتشمل الاراضي السوداء Chernozem والاراضي الكستنائية والبنية ، والاراضي الصحراوية Desert soils .

جدول (٢٠) تصنيف الاراضي الى رتب وتحت رتب ومجموعات اراضي كبرى

الترتيب	تحت الرتبة	مجموعات الاراضي العظمى
طافية	١- اراضي المنطقة الباردة	تندرا
	٢- اراضي المناطق الحراجية	اراضي بودزول
	بودزولية فاتحة اللون	اراضي بودزولية بنية
		اراضي بودزولية بنية - رمادية
		اراضي بودزولية صفراء - حمراء
		اراضي بودزولية رمادية او حرجية رمادية
طافية	٣- اراضي المناطق المعتدلة الدافئة	امكن تعرف انواع كثيرة من الاراضي القرميدية
	والاستوائية الحرجية	ويقتصرها تصنيف متصل
	٤- اراضي مناطق الاسغال بين	اراضي تشرونوزيم متدهورة
	المناطق والحشائش	اراضي شبه غير كلسية او بنية شاموسج
	٥- اراضي الحشائش بالمناطق شبه	اراضي المراري (شبه بودزولية)
	الجافة ، وتحت الرطبة والرطبة -	اراضي براري تميل للاحمرار
بين نطاقية	لونها داكن	اراضي تشرونوزيم
		اراضي كستنائية
		اراضي كستنائية مائلة للاحمرار
	٦- اراضي المناطق الجافة	اراضي بنية
	لونها فاتح	اراضي بنية تميل للاحمرار
		اراضي سيروزييم
لا نطاقية	١- اراضي غدقة (هيدرومورفية)	اراضي حلاى مبدل (تشمل wiesen boden
	بالمستنقعات والبرك والسياحات	اراضي مرجع الالب Alpine Meadow
	واماكن النشع	اراضي المستنقع bog
		اراضي شبه المستنقع half-bog
		اراضي جلاى دبالية منخفضة
		اراضي لانوسول
لا نطاقية	٢- اراضي هالومورفية (مالحة وقلوية)	بودزول الماء الارضي
	بالمناطق الجافة صينة الصرف	قرميديات الماء الارضي
	والرواسب الساحلية	اراضي ملحية (سولونشاك)
		اراضي قلوية (سولونتنز)
		اراضي سولوث
	٣- اراضي كلسية	اراضي حرجية بنية (Braunerde)
لا نطاقية	ليس بها تحت رتب	اراضي رندزيا
		الشوسول
		ريخوسول (تشمل الرمال الحافة)
		نهرية

وستتناول بالشرح واحداً من التصنيف الذي يعتبر من أكثرها انتشاراً وشمولاً وهو المين بالجدول رقم (٢٠) حيث يبدو واضحاً ان اراضي العالم مقسمة الى ثلاث رتب هي : نطاقية وبين نطاقية ولانطاقية. وان كلاً من هذه الرتب مقسم الى تحت رتب على اساس الاقاليم المناخية والانواع النباتية . كذلك فان كل تحت رتبة مقسمة الى مجموعات اراضي كبرى مثل البودسول والكستنائية .. الخ . وسنصف بالتالي أهم مجموعات الاراضي في العالم باختصار .

الأراضي النطاقية :

اولاً - اراضي التندرا Tundra :

وهي السهول الممتدة في شمال أوروبا وآسيا وأمريكا الشمالية ، وهي تنطلي ما يقرب ٤٠ ٪ من مساحة الاتحاد السوفيتي : ونظراً للبرودة الشديدة فلا تنمو فيها اشجار او حشائش ، بل بعضاً من الطحالب والاشنيات والشجيرات . وتوجد التندرا تحت كلا الظروف الرطبة والجافة ، كما تعتبر الاراضي قليلة الاهمية من الناحية الزراعية . وتتكون هذه الاراضي من سطح عضوي غير متحلل ناتج من تراكم المواد العضوية ، هذا السطح العضوي يغطي تحت تربة مندرجة لزجة ، أي ان سمك القطاع قليل ويبقى سطح التربة متجمداً اكثر اماماً أما تحت التربة فهو متجمد باستمرار ، والتأثير حامي .

ثانياً - مجموعة الاراضي الحمضية أو البودزولية Podsol group

وتشمل هذه المجموعة الاراضي التي توجد في ظروف مناخية رطبة في كل من المناطق الباردة والمعتدلة . وتتميز هذه الاراضي بان عمليات الفسيل والنقل فيها قد تمت ، وانه نظراً لغياب املاح كربونات وكبريتات الكالسيوم منها ، أصبحت حمضية التأثير . والنباتات السائدة في مثل هذه الاراضي هي النباتات والمراعي . وقطاعها يتكون من ثلاثة آفاق (A) و (B) و (C) .

فالآفق (A) يتميز باحتوائه على مواد عضوية متراكمة فوق طبقة من الارض غسلت منها جميع الاملاح الذائبة او القابلة للذوبان في هذه الظروف كالحديد والالومنيوم . وبذلك يصير لونها فاتحاً او مائلاً الى البياض .

والآفق (B) هو الطبقة التالية التي ترسب فيها المواد التي غسلت من الآفق (A) وتتميز بزيادة نسبة كل من اللبالب والاكسيد السداسية ولونها داكن . أما الآفق (C) فهو مادة الاصل . والتأثير على العموم حامي . وهي فقيرة بالعناصر الغذائية ولذلك تستجيب بشدة للتسميد .

تكوين البودزول Podsolization

تتطلب تكوين اراضي البودزول ظروفًا خاصة مثل : ان تكون درجة الحرارة والامطار والنباتات

والعوامل الأخرى مشجعة على حدوث تراكم سطحي للمادة العضوية في صورة Duff أو مور Mor . وعادة تكون الغابات هي المنتشرة ، وأحياناً قليلة تكون الحشائش . وتحلل المادة العضوية لتعطي أحماضاً ومواد أخرى . فإذا كانت الرطوبة شديدة تحدث عملية الفسيل للأحماض المتكونة وتنتقل من الآفاق العضوية إلى الآفاق المعدنية فتذيب أنواع الكربونات وتحلل المعقد الفروي في أفق آ وينتج عنه انفراد أيدروكسيدات الحديد والالومنيوم وفي نفس الوقت يتحلل المعقد الفروي في أفق آ وينتج عنه انفراد أيدروكسيدات الحديد والالومنيوم في حالة عروية (Sol) ، ثم تحمل هذه الأيدروكسيدات مع الماء الراشح إلى الطبقات العميقة ، وتلعب المواد الدبالية المتبقية دوراً في هذا الانتقال . ويصبح أفق آ الذي غسل غسل شديداً ذا مظهر رمادي ، نظراً لتراكم السليكا فيه .

أما أفق ب فيبدو مائلاً للأحمرار نتيجة لتجمع الأكاسيد السداسية مع بعض الدبال المنقولة من أعلى ، كما تكون كمية كبيرة من الكربونات والكبريتات والأملاح الأخرى الذائبة قد غسلت بعيداً في الأعماق . ويلاحظ أنه كلما انتقلنا نحو الجنوب فإن أراضي البودزول الحقيقية تتداخل مع أراضي ذات طبقة سطحية بنية أو بنية رمادية ، وهذا يرجع إلى اختلاط المادة العضوية فيها بالأفق آ . كذلك يصبح الدبال المترسب غير واضح وتجمع الحديد والالومنيوم في أفق ب أقل وضوحاً . وبزيادة الاتجاه نحو الجنوب تتكون أراضي بودزولية خفيفة حيث تختفي آ . وتصبح معظم المادة العضوية جزءاً من (آ ١) . وتضم الأراضي الحمضية مجاميع الأراضي التالية :

١ - أراضي البودزول Podsol :

وتشمل النطاق الجنوبي لأراضي التندرا . وتنمو عليها الغابات وتتلخص ظروفها في أن متوسط الحرارة 6°C ، وكمية المطر ١٠٠٠ - ٢٠٠٠ مم ، ومعامل المطر حسب Lang أكثر من ٢٠٠ ، أما مادة الأصل فهي الصخور الحمضية مثل الديوريت ، والفرانيت والفيس . والعامل الفعال في تكوين هذه الأراضي هو زيادة الفسيل .

وتتلخص الظواهر الكيميائية في تحرك كل المواد الذائبة والكربونات وكذلك الفرويات الأرضية وهي أكاسيد الحديد والالومنيوم .

هذه الأراضي حمضية التأثير حيث يصل PH أحياناً إلى ٣ ، وفيها نسبة كبيرة من الدبال الحامضي Mor humus . وهذه الحموضة العالية تساعد على مرور الفرويات فتتجمع في الآفاق السفلى ولذلك فقوام الطبقة العليا رملي .

وصف القطاع :

$$A_1 = \text{منطقة الأوراق و PH لها} = 3$$

$A_1 =$ افق الدبال المختلط مع المادة المعدنية

$A_2 =$ افق الترشيح . حيث يوجد الدبال في حالة غير مشبع لعدم وجود القواعد الارضية ولذلك تنقل اكاسيد الحديد والالومنيوم مع الماء الى الطبقات السفلى ، PH لها $= 5$. لون هذه الطبقة فاتح لفرها بالدبال والاكاسيد السداسية .

$B =$ افق التراكم للدبال والاكاسيد السداسية ، $PH = 4.5 - 5$ لون هذا الافق بين احمر طوبي واحمر داكن ، ويلاحظ ان افق ترسيب الدبال يعلو افق ترسيب الاكاسيد السداسية .

٢ - الاراضي البودزولية البنية Brown Podsollic Soils :

تعتبر هذه الاراضي بودزول ضعيفة . ففي A توجد كمية صئيلة من المادة العضوية في الاراضي البكر . كذلك فان الطبقة السليكانية في A تكون ضعيفة أو غير موجودة . وبذلك يكون A الغني بالمادة العضوية موجود مباشرة فوق الافق B ، وتعتبر هذه الاراضي اكثر ملاءمة للزراعة من البودزول النموذجية .

٣ - الاراضي البودزولية البنية - الرمادية :

وتكون اكثر النباتات فيها اشجار متساقطة الاوراق ، وتختلط المادة العضوية مع A وفي افق A تحتني الطبقة السليكانية الرمادية ويحل محلها افق رمادي او بني مائل للاصفرار . ويلاحظ ان بناء هذا الافق صفائحي كما يوجد بعض الكالسيوم المتبادل على المعقد الغروي . اما افق B ، فتظهر به بعض تجمعات الطين ، ويكون البناء فيه كتلياً .

٤ - الاراضي البودزولية الصفراء والحمراء :

نشأت هذه الاراضي تحت مناخ معتدل ، وامطار وفيرة ، وغابات مختلطة تتميز غالباً بتساقط اوراقها . ويتكون قطاعها من طبقة رقيقة من المادة العضوية A ، يليها افق A ، اما افق A فهو ذلون رمادي مائل للاصفرار ، وهو يعلو افق B . ويكون افق B ذا لون احمر او احمر بني اذا كانت الارض بودزول حمراء ، بينما يكون اصفر او اصفر فاتح ثقيل القوام اذا كانت الارض بودزول صفراء . ويرجع سبب الخلاف في ذلك الى صورة التآدرت في اكاسيد الحديد ، حيث تكون هذه الاكاسيد اكثر تأدرتاً في البودزول الصفراء مما هي في البودزول الحمراء .

ويلاحظ ان هذه الاراضي تتكون على مواد اصل متفاوتة بين الجرانيت حتى الحجر الجيري .

٥ - اراضي البراري Prairie Soils :

وتسمى احياناً الاراضي البنية Brown Earths ، وتوجد غرب اوروبا وشرق الولايات المتحدة في المناطق التي تنمو بها حشائش طويلة بدلاً من العابات ، وخصائص ، المناخ : متوسط درجة الحرارة

٦ - ١١ م ، الامطار ٨٠٠ - ١٥٠٠ مم . معامل الطر حسب Lang ٩٠ - ٢٥٠ ، مادة الاصل :
صخور بها نسبة عالية من $CaCO_3$ تبلغ ١٥ - ٣٥ ٪ .
والمميزات الكيميائية للقطاع هي :

- ١ - تتحرك الاملاح الذائبة كالقلويات والقلويات الارضية الى الطبقات السفلى تحت تأثير الفسيل ولذلك فالقطاع خالي من كربونات الكالسيوم .
- ٢ - عدم تحرك كل القرويات مثل املاح الحديد والالومنيوم .
- ٣ - كمية الطين متوسطة ولا يحدث به تغير .
- ٤ - PH انقطاع متعادل او حامضي ضعيف .
- - نسبة الدبال ٣ - ١٠ ٪ والبناء محب ودرجة التشبع ٥٠ - ٩٠ ٪ .

وصف القطاع :

A_0 = منطقه سقوط اوراق النباتات

A_1 = منطقه انتشار الدبال المختلط بالطين - حامضي ضعيف - نسبة الطين متوسطة الى مرتفعة .

A_2 = افق المادة المعدنية . خالي من كربونات الكالسيوم ولا تمتد ٢ ٪ . كمية الطين
عالية والبناء محب .

B = يبدأ ظهور تكوينات ثانوية صغيرة من كربونات الكالسيوم . التأثير متعادل او قلوي خفيف -
اللون بني الى بني فاتح ، وتظهر به جيئات الطين المتقلبة من أعلى .

C = مادة الاصل .

٦ - الاراضي البودزولية الرمادية :

وقد تسمى الاراضي الرمادية الحراجية . وتوجد غرب الولايات المتحدة وكندا . حيث تنتشر
الغابات ، والمناخ شبه رطب الى شبه جاف . والفسيل في هذه الاراضي ليس شديداً مثل الاقاليم الرطبة ،
ولذلك فان PH الارض حوالي « ٧ » أي ان الوسط ليس حامضياً .

ثالثاً - اراضي المناطق الرطبة اخارة ونصف الحارة :

وتسمى حالياً بالاراضي القرميدية Latosols وكانت تسمى اراضي اللاتيريت Laterite soil .
ان الصفات العامة لاراضي هذه المناطق تلخص بالتالي :

- ١ - يسود عامل ارتفاع درجة الحرارة في تكوين هذه الاراضي ، وما يتبع ارتفاعها من نشاط
عمليات التعرية الكيميائية ، وزيادة تكوين الطين ، وزيادة عمق القطاع .
- ٢ - تتكون هذه الاراضي من الطين المختلط بمعادن صعبة التحلل ، مثل الكوارتز . وقد تصل
نسبة الطين الى ٨٠ ٪ .

٣ - تتكون هذه الاراضي تحت ظروف مطار غزير مستمر قد يصل معدله الى ١٥٠ مم في الساعة. ويلاحظ في هذه المناطق التالي:

آ - هطول الامطار بتزارة وباستمرار بسبب إزالة بعض آفاق القطاع العليا .

ب - هذا المناخ غالباً يقسم الى فصاين : فصل الامطار الرطب حيث يحدث غسيل للقواعد ، وبصير القطاع حامضياً ، والطين غير ثابت . وفي فصل الجفاف ، يكون التبخر كبيراً ويصل الى عمق كبير ، مما يسبب تكون تكوينات جديدة في القطاع Concretions .

٤ - اللون السائد لهذه الاراضي هو الاحمر اذا كانت جيدة الصرف . اما اذا كانت رديئة الطرف فيكون اللون غامق او رمادي . ويكون الطين ثابتاً الى حد ما .

• - الدبال قليل نظراً لسرعة تحلل المادة العضوية رغم النمو الغزير .

وتسمى العملية المسؤولة عن تكوين هذه الاراضي : قرمدة Laterization أو Latosolization .

القرمدة : في تكوين الاراضي القرميدية يحدث غسيل للقواعد الارضية القابلة للذوبان مثل الكالسيوم ، والمغنيسيوم والصوديوم والبوتاسيوم . وتبقى PH الارض حوالي ٧ ، ونظراً لارتفاع الحرارة تتحلل المادة العضوية بسرعة ، ويرتفع على اثر ذلك رقم PH الارض ، وبالتالي تقف قابلية الحديد والالومنيوم والمنجنيز للذوبان بينما تزداد نسبة ذوبان السليكا وتفضل مع الماء من الطبقة السطحية ، بينما تتراكم أكاسيد الحديد والالومنيوم فيها . ولقد تكونت في كوبا ، على سبيل المثال ، ارض تحوي ١٦٨ ٪ سليكا و ٧١١ ٪ اكسيد حديد ، بينما كانت مادة الأصل تحوي ٤١٩ ٪ سليكا و ٧١٨ ٪ فقط من اكسيد الحديد .

ونتيجة لنشاط عمليات التجوية يصبح القطاع عميقاً ، وتندم في صفات الارض خواص طبيعة مادة الاصل . ويكون الطين المتكون وهو غالباً من الاكاسيد السداسية ، فقيراً جداً في سمته التبادلية للقواعد اي من نوع الكاؤولينيت . ويلاحظ ان PH الارض يتراوح بين ٦ و ٧ ولا يوجد الايدروجين على مركب الامتصاص ، حيث ان القواعد الموجودة بكمياتها القليلة تكفي للمحافظة على نسبة تشبع عالية في الطين .

وتتضمن هذه الاراضي مجاميع الاراضي التالية :

١ - الاراضي الحمراء Red soils : تتكون هذه الاراضي تحت ظروف رطبة تتبادل مع ظروف الجفاف ، وتوجد هذه الاراضي في : كوبا وامريكا الوسطى وشرقي افريقيا وجنوب شرقي الولايات المتحدة وجنوب الصين والهند الصينية . الدبال متعادل التأثير ، اما الارض ومحلولها ، فاما ان يكون تأثيرها متعادلاً او حامضياً ضعيفاً .

وقد يحدث في بعض الاحوال غسيل لجزء من السليكا ، ويصير الطين غنياً في الاكاسيد السداسية . وهي اراضي خصبة وتحتاج لتسميد عند استغلالها زراعياً .

٢ - الاراضي الصفراء Yellow soils : تتكون هذه الاراضي في المنطقة الحارة المعتدلة ، وهي غير محددة الاوصاف تماماً ، يرجع لونها الاصفر الى زيادة تأدرت اكاسيد الحديد عنها في الجراء . وقد يحدث بها عملية Laterization .

٣ - الاراضي القرميدية Latosols : هي اراضي تشبه الجراء تماماً ، فيها عدا زيادة نسبة الاكاسيد السداسية بها . وهي توجد عادة حيث توجد الجراء ، ولونها احمر طوبي ، تتميز بفصل اكسيد السليكون وتجمعه في المناطق السفلى من القطاع الارضي .

اما كمية الاكاسيد السداسية فهي عالية جداً حيث تبلغ ٥٠ - ٦٠ ٪ وتكون قشرة حمراء اللون على السطح .

جميع املاح القواعد والقواعد الأرضية مقدارها قليل نظراً لفسلها . نسبة الدبال منخفضة جداً ، على الرغم من غزارة الانبات وذلك نظراً لسرعة تحلله .

نسبة الطين مرتفعة ، وهذا الطين غني جداً في الأكاسيد السداسية ولذلك فان نسبة السليكا للاكاسيد السداسية أقل من الواحد الصحيح ، قطاعها عميق وقد يصل الى اكثر من ثلاثة امتار بكثير .

شكل قطاعها ، من أعلى الى اسفل :

$$C - A_1 - A_2 - B_s - B_{iron} = C. A. B$$

وبمقارنة هذه الآفاق بأراضي البودزول يتضح ان :

B iron = يقابل طبقة Fe Concretion في البودزول .

B s = طبقة التراكم في البودزول . ولكن في البودزول طبقة B s تملو طبقة B iron

A₂ = يقابل طبقة الفسيل في البودزول .

A₁ = طبقة التحضير ، وتقابل طبقة الدبال في البودزول .

C = مادة الاصل في كليهما .

رابعا - أراضي المناطق نصف الجافة والجافة :

وتشمل هذه المجموعة من الاراضي تلك التي تكونت تحت ظروف نصف جافة او جافة ، وتعتبر

كمية الامطار في هذه المناطق غير كافية لفسيل معظم الكالسيوم والكاتيونات الاخرى من القطاع الارضي ، بل تتأثر بذلك الآفاق العليا فقط ، ولذلك فإن عمليات الفسيل والنقل لم تتم في هذه الاراضي ، بل تفسل المكونات الذائبة من الآفاق السطحية فقط . ولذلك فإن عمق منطقة تراكم كربونات الكالسيوم في القطاع الارضي تتناسب مع مقدار تغلغل مياه الامطار في الارض ، وفي المناطق الأكثر جفافاً ربما تتراكم ايضاً كبريتات الكالسيوم في القطاع والمادة تكون اسفل طبقة تراكم الكربونات .

وتأثير هذه الاراضي متعادلاً ، أو مائلاً للقاعدية ، وذلك نظراً لتسببها بالكاتيونات القاعدية . وقطاعها من النوع AC ، فالآفاق A يتكون عادة من عدة طبقات ، الاولى منها سوداء أو رمادية أو بنية ، وهي في المادة تحوي نسبة عالية من الدبال . وبلي هذه الطبقة طبقات تتدرج في اللون . وتتكون من حبيبات متجمعة Aggregates وفي نهاية أفق A توجد الكربونات إما متبلورة ، أو مغلفة للحبيبات المتجمعة .

أما أفق C وهو مادة الاصل فيكون تحت طبقة الكربونات .

ويلاحظ أن النباتات في هذه المناطق تتراوح بين الحشائش وبين الشجيرات الصحراوية . وأهم مجاميع الاراضي التي تدخل تحت هذه المجموعة هي :

١ - اراضي التشنوزم (السوداء) Chernosem soils

تنشأ هذه الاراضي في المناطق نصف الجافة حيث لا يوجد غسيل كامل لكربونات الكالسيوم في قطاعها . والنبات الطبيعي فيها عبارة عن حشائش مختلطة . نسبة الدبال فيها تتراوح بين ٦ - ١٠ ٪ ، نسبة الطين ١٥ - ٣٠ ٪ ، وكلاهما يختلط ببعضه تماماً . هذه الاراضي محمية في السطح . وبتلخص وصف قطاعها بالتالي :

٦ - القطاع AC . وافق A عميق يتراوح بين ٤٠ - ١٥٠ سم ، وفي المادة بين ٧٠ - ١٠٠ سم . ويقسم الى A_1 . A_2 ويكون لون A_1 اسود خصوصاً في قطاع التشنوزم النموذجي وذلك نتيجة لتجمع المادة العضوية . ويكون A_2 افصح في اللون من A_1 اذ انه يحتوي على نسبة أقل من المادة العضوية .

ب - تقل نسبة المادة العضوية ، وكذا سمك القطاع ، كلما اقتربنا داخل منطقة التشنوزم من الحدود الى المناطق الاقل رطوبة .

ج - اراضي التشنوزم المثالية تمثل غسيلاً كاملاً للاملاح الذائبة من الطبقة السطحية ، وغسيلاً غير

كامل لكربونات وكبريتات الكالسيوم . اما السليكا والاكاسيد السداسية فقير منسولة .
ولذلك لا يوجد تراكم لأملاح الصوديوم في القطاع بل يوجد تراكم لكربونات وكبريتات
الكالسيوم . ويتوقف عمق طبقة التراكم على نوع مادة الاصل من جهة وكذلك على كمية
المطر التي تهطل في تلك المنطقة .

د - توجد طبقة تراكم كربونات الكالسيوم عادة في افق A ، وطبقة الجبس على صورة عديسات
تحت طبقة تراكم الكربونات .

٢ - الاراضي الكستنائية والبنية : Chestnut and Brown Soils :

وتنتشر في كثير من بقاع العالم ، في روسيا وآسيا ، وافريقيا وبعض مناطق الولايات المتحدة .
وتشكل عالية الاراضي السورية . وقد اطلق عليها De Sigmond في تصنيفه لاراضي العالم اسم اراضي
البادية (سببية) البنية Brown Steppe soils .

وتختلف هذه الاراضي عن اراضي التشنوزم في خاصيتين هما : قلة المادة العضوية من جهة ،
وكذلك قرب منطقة تراكم الكربونات من السطح وهذه الاراضي تنتشر في المناطق ذات الامطار القليلة ،
اقل من التشنوزم ، إذ تنحصر كمية المطر بين ٢٥٠ - ٣٧٥ مم في السنة ، كذلك فان درجة الحرارة
مرتفعة نسبياً في الصيف ومنخفضة في الشتاء .

واقد ذكر Glinka أنه نظراً لانخفاض كمية الرطوبة فانه لا يتوقع ان تنمو نباتات غزيرة مثل
اراضي التشنوزم . كذلك فان اللون البني الذي يميز هذه الاراضي يختلف في مصدره عن كل من اراضي
المروج Prairie وأراضي الغابات البنية ، ففي مثل هذه الاراضي ، يرجع اللون البني بصفة رئيسية
الى وجود المادة العضوية ، بينما في الاراضي الكستنائية والبنية فان اللون البني يرجع اساساً الى
إيدروكسيدات الحديد .

كذلك فان كمية الأمطار تعتبر كافية لمنع تجمع الأملاح في الطبقات العليا ، ولذلك تبدو خالية من
الأملاح القابلة للذوبان ، بينما تبدو كربونات الكالسيوم وكبريتات الكالسيوم قد غسلت الى اعماق اقل مما
هي في التشنوزم وبكميات اصغر ايضاً . اما الاكاسيد السداسية والسليكا فتأبنة أي لا تتحرك بالنسيل ،
شأنها في ذلك شأن جميع الاراضي المحتوية على الجير في قطاعها . كذلك فلا يبدو في مثل هذه الاراضي
اي أثر لانتقال الطين او هجرته داخل القطاع الارضي .

ويتميز القطاع الارضي بوجود أفقين A و C . اما افق A فيقسم الى قسمين : A₁ حيث يبدو
مفككا Loose ، و A₂ الذي يبدو اكثر تماسكاً واندماجاً من A₁ . بينما افق C ويشكل مادة الاصل
وهي عبارة عن رواسب تحتوي على نسب كبيرة من الأملاح عادة .
وتوجد انواع عدة من الاراضي تحت هذه الاقسام : مثل الاراضي الكستنائية الحمرة

Reddish Chestnut Soils والاراضي الكستنائية Chestnut Soils ، والاراضي البنية Brown Soils ، والاراضي البنية المحمرة Reddish Brown Soils .

وبعطي De Sigmond في تقسيمه الى نوع Brown Steppe Soils تحت نوعين : اراضي البادية الكستنائية Chestnut Steppe Soils ، واطاضي البادية الفاتحة البنية Light Brown Steppe Soils .

والفروق الحقيقية في الاراضي المختلفة المذكورة سواء في التقسيم الاول او الثاني الخاص بـ De Sigmond إنما يرجع الى الاختلاف في نسبة المادة العضوية الموجودة في القطاع الارضي والتي تعطي بالتالي ألواناً مختلفة في الارض . وهذا الاختلاف إنما يرجع اساساً الى الاختلاف في كمية الامطار التي تصيب كل منطقة . ففي الاراضي الكستنائية تتراوح كمية المادة العضوية عموماً بين ١ - ٤٥ ٪ ، بينما تهبط في الاراضي البادية البنية Light Brown Steppe Soils الى اقل من ذلك بكثير .

كما تختلف هذه الاراضي في نوع النباتات النامية عليها ، ففي المناطق الاكثر رطوبة تنتشر نباتات Stipacea ، Bromus inermis ، K. cristata ، Koeleria gracilis ، Festuca sulcata ، وكثير من Ceratocarpus ، Artemisia .

وتعتبر هذه الاراضي خصبة زراعياً ، اذا توفرت لها المياه الا انها تحتاج الى التسميد الفوسفاتي عادة . والملاحظة المهمة التي يجب الانتباه اليها : هو أنه لا توجد حدود واضحة بين تحت اقسام الاراضي هذه . ولعل افضل ما يمكن استعماله للتمييز بينها هو كمية محتواها من المادة العضوية في الاراضي البكر ، ومقدار انفسال وعمق تجمع كربونات الكالسيوم في القطاع الارضي .

٣ - الاراضي الصحراوية Desert soil

وتتكون تحت المناخ الصحراوي ، حيث ان الجفاف يساعد على تحويل النباتات الى شجيرات سحرارية . وتمتاز هذه الاراضي بما يلي :

- أ - معدل التبخر اكثر من كمية الامطار . كما ان الامطار تسقط دفعة واحدة عادة .
- ب - تكون المواد الذائبة ، كالاملاح ، قشرة Crust على سطح الارض ، وقد تكون تحت السطح . وهذه الاملاح عبارة عن كربونات وكبريتات Ca و Mg و K و Na . وقد تعمل هذه الاملاح على التحام الحبيبات الدقيقة ، وتنتشر مثل هذه القشرة تحت الطبقة السطحية في بعض اراضي مزرعة كلية الزراعة بالمسلمية ، وتوجد القشرة السطحية في بعض اراضي البادية .
- ج - قطاعها اما B A C حيث لا توجد مياه قليلة . او AC حيث لا توجد مياه تذكر . ويكون افق A نتيجة تأثير عوامل التجوية الطبيعية .

د - التأثير الحامضي معدوم حتى على السطح الخارجي ، فهي دائماً قاعدية .
ه - عوامل التجوية المهمة هي الفيزيائية ، اذا ان الكيميائية ضعيفة لعدم وجود الماء الكافي ولذلك فالطين قليل او منعدم .

و - تكوين الدبال ضعيف جداً ، او معدوم ، لسرعة تحلله نظراً لارتفاع درجة الحرارة ، وكمية الدبال عادة اقل من ١٠٥ ٪ .

وتوجد ثلاث مجموعات عظمى تتبع الاراضي الصحراوية هي : سيروزم Seirozem أو الصحراوية الرمادية ، والصحراوية Desert ، والصحراوية الحمراء Red - desert . وتتكون السيروزم في ظروف رطوبة أعلى من النوعين الآخرين .

خامساً - الأراضي بين النطاقية :

وتوجد هذه الاراضي عادة مع الاراضي النطاقية ، وتؤثر في خواص الارض بعض العوامل المحلية الخاصة بدلاً من تأثير المناخ . ويمكن تمييز ثلاث تحت رتب فيها نستعرضها بالتالي :

١ - الاراضي الغدقة (المستنقمية) Hydromorphic soils

وتتميز هذه الاراضي كونها مغمورة بالماء ، إما لسوء الصرف نتيجة خصائص القطاع الخاصة كوجود طبقة صماء او طبقة ضعيفة النفاذية ، او ان تكون الارض نفسها واقعة في منطقة منخفضة . وعادة تنمو الاعشاب المائية في هذه الاراضي ، ولذلك توجد نسبة مرتفعة من المادة العضوية غير المتحللة ودات السمك الشديد في افق آ ، بينما يكون افق ب ممتحماً . وعادة اذا احسن صرف هذه الاراضي فانها تصبح خصبة جداً وتستعمل في زراعة الخضار .

والصفة الرئيسية المميزة للاراضي سيئة الصرف هي وجود ما يسمى بآفاق الجلاي Glei ، حيث توجد بها عروق او بقع ملونة بالاحمر او الاصفر او البني ، نتيجة الصور المؤكسدة للحديد والمنجنيز ، وقد توجد بها ألوان زرقاء ورمادية نتيجة الظروف المختلة . وتحدث هذه الحالات نتيجة تماقب فترات ظروف الجفاف والرطوبة .

وتوجد مجموعتان تتبعان الاراضي الغدقة : اراضي المروج Meadow soils وقد يطلق عليها مجموعة الفايزنبودن Weisenboden ، وهذه توجد مجاورة لاراضي البراري . وعند صرفها تصبح خصبة جداً ، اد ان ارتفاع الماء بها يرجع لانخفاض الارض وليس لوجود الطبقات الطينية الصماء . والمجموعة الثانية هي البلاوسول Planosol - وهي اراضي مرتفعة سيئة الصرف . وتتميز بوجود طبقة طينية ثقيلة ، صماء ، مما يجعلها ضعيفة الخصوبة حتى ولو صرفت صناعياً .

٢ - الاراضي الملحية والقلوية Halomorphic soils :

وتتكون مثل هذه الاراضي عادة في المناطق الجافة ونصف الجافة ، حيث تتراكم الاملاح بالطبقات العليا من القطاع الارضي .

فاذا تراكت في القطاع املاح الكالسيوم والمغنيسيوم مع كميات قليلة نسبياً من الصوديوم المتمز على سطح التربة ، وكانت معظم الانيونات على صورة كلوريد وكبريتات مع كمية قليلة من الكربونات والبيكربونات ، سميت الارض بالملحة Saline او سولونتشك Solonchak . وقد تغطي الارض بقشرة بيضاء ملحية ، ولذلك تسمى ارض بيضاء قلوية White alkali .

اما اذا زاد تركيز الصوديوم على التربة ، فتتكون الارض القلوية Alkali وتسمى سولونتش Solonetz . وهناك نوعاً ثالثاً يسمى الاراضي القلوية المنحلة Solonch or degraded alkali وفي هذا النوع تفصل الاكاسيد السداسية من افق (آ .) الى افق (ب .) ، نتيجة تقدم الاسيد في الاراضي القلوية .

٣ - الاراضي الكلسية Calcimorphic soils :

غالبا ما تنشأ هذه الاراضي على مواد اصل جيرية . فان وجدت مع الاراضي البنية الحراجية يصبح لون الارض البني بنياً داكناً في الطبقة السطحية ثم يخف ويتغير تدريجياً مع العمق حتى اللون الرمادي الذي يرجع الى مادة الاصل .

اما اذا وجدت مع اراضي الحشائش ، فيصبح اسمها رندزينا Rendzina ، وهي اراضي ضحلة داكنة اللون تنشأ على صخور جيرية طرية .

سائماً - الاراضي غير النطاقية :

تحدد خواص هذه الاراضي بطبيعة مادة الاصل فقط ، وليس للمناخ او أي عملية من عوامل تكوين الاراضي تأثير في خواص الارض ويوجد ٣ مجموعات منها :

١ - الاراضي الحجرية Lithosols :

وتتكون من سطح تربة رقيق فوق المهد الصخري ، وتوجد على المنحدرات الشديدة ، ولا يبدو عليها التطور الا بدرجة ضئيلة . وتعتبر هذه الاراضي قليلة الأهمية الزراعية رغم وجودها أحياناً في ظروف مناخية ملائمة .

٢ - اراضي الريجوسول Regosols :

وهي اراضي حديثة التكوين جداً ، وتوجد على الرواسب المدينية الحديثة الناحية الحديثة . مثل ، التلال الرملية ، او رواسب الخرب أو الركام الطبيعي .

٣ - اراضي الرسوبية (النهرية) Alluvial soils :

وتعتبر هذه الاراضي عادة اهمية زراعية كبيرة . وهي اراضي حديثة التكوين ، يضاف اليها باستمرار طبقات جديدة . وهي اراضي ذات قوام خشن .



شكل ٤٢ - قطاع ارضي في ارض مالحة حيث يظهر تزهر الاملاح السضاء في السطح



شكل ٤٣ - قطاع ارضي في ارض قلوية حيث يظهر البناء العمودي في افق ب

رتب الارض (المراتب التقسيمية) :

عند تصنيف ارض ما يمكن اتباع التسميات وفق التسلسل التالي. وذلك بعد اجراء الدراسات الحقلية والتحليلات المخبرية اللازمة . ولقد اختلف العلماء في المراتب التقسيمية تبعاً للتصنيف الذي اعتمدته كل منهم ، وتتناول في التالي المراتب التقسيمية لتقسيم الذي ذكر في هذا الفصل :

١ - رتبة الارض Soil order : وهي أعلى درجة في سلم التقسيم .

ولقد جمعت الاراضي في ثلاث رتب هي : نطاقية ، بين نطاقية ، غير نطاقية . وترتبط خواص الارض النطاقية بالمناخ الذي تكونت فيه . أما الاختلافات في الاصل الجيولوجي والتكوينات الصخرية فتعتبر ضعيفة نظراً لسيادة أثر المناخ . واللفظ نطاقي يشير الى ان هذه الاراضي تنتشر انتشاراً واسعاً للدرجة يمكن اعتبارها اقليمية تقريباً . أما الاراضي بين نطاقية فهي تنتشر في مناطق الاراضي النطاقية إلا انه تظهر بعض آثار الظروف المحلية كوجود الاملاح أو الصرف السيء أو بعض العوامل المحلية الأخرى . وتشابه هذه الاراضي مع بعض خواص الاراضي النطاقية الاساسية ولكنها تختلف عنها في تأثير بعض الظروف المحلية .

والاراضي غير النطاقية لا تظهر فيها آثار المناخ نظراً لحداثة عهدها ، ولذلك فقطاعها غير متطور .

٢ - تحت الرتبة Sub order : ويستخدم عادة اخذ العوامل الهامة في تكوين الاراضي كأساس في التقسيم ، فاذا استخدم المناخ فيقال مثلاً اراضي المناطق الباردة ، أو اراضي المناطق الجافة .. الخ . والتقسيم الى تحت رتبة يستند الى وجود أو غياب آفاق تشخيصية محددة .

٣ - المجموعة Group : وتحدد فيه الى اي من مجموعات الاراضي الكبرى (العظمى) Great soil group ترجع هذه الارض . مثل : بودزول أو تشيرنوزم أو كستنائية . وهي الدرجة الثالثة في المراتب التقسيمية . ويستند التقسيم الى مجموعة كبرى في تماثل خواص القطاع الارضي من حيث وجود الآفاق التشخيصية المتماثلة .

٤ - العائلة Family : وهي عبارة عن سلاسل اراضي متشابهة في بعض خواصها مثل اقوام ، أو البناء ، وكمية المادة العضوية ، ونوع معدن العالين ... الخ .

٥ - سلاسل الارض Soil Series : وهي مجموعة اراضي تكونت من مادة اصل واحدة وبواسطة نفس المجموعة من العوامل الوراثة ، كما أن قطاعاتها متشابهة تماماً في ترتيبها وخواصها العامة ، وقد تكون بينها خلاقات في أهميتها ، رراعية فقط مثل قوام الطبقة السطحية . والمادة يكون اسم النوع هو اسم المدينة أو القرية التي تقع بها الارض ، أو النهر أو المركز أو غير ذلك مثل : ارض المسلية أو غوطة دمشق .

٦ - نوع الارض Soil type : وقد تقسم السلاسل الى انواع . ويلاحظ هنا ان الاختلافات في القوام مثلاً ، بين انواع ترجع لسلسلة معينة يجب ان تكون كبيرة .

والعادة ان يطلق على الارض اسم النوع والسلسلة معاً ، مثل : مسلمية طينية سلتية ، او خابور طمية سلتية . ويلاحظ ان القسم الاول يدل على السلسلة والقسم الثاني يدل على النوع وهو القوام .

٧ - وقد يتدرج التصنيف لأكثر من ذلك ، فيصل حتى الحالة الارضية Soil phase ويتم بالانحراف او الانحدار ، او وجود الحصا او كمية الاملاح الذائبة . والحقيقة انها توضح الانحراف عن الصنف العادي The Normal type مثل مسلمية طينية سلتية - الحالة منحرفة . او خابور طمية سلتية - الحالة حصوية .



الفصل الثاني

لمحة عن تقسيم الاراضي السابع

SOIL CLASSIFICATION , A COMPREHENSIVE SYSTEM
7th . APPROXIMATION

اقترحت منذ زمن بعيد آراء متعددة في تقسيم الاراضي ، ابتدئت منذ القرن الثامن عشر وتوالت هذه الآراء باقتراحات متعددة حتى كان التصنيف الذي درس في الفصل السابق والذي اقترح في الخمسينيات من القرن الحالي . الا ان جميع هذه التقاسيم لم تف بالغرض الذي وضعت من اجله اذ لم تكن بدراسة الارض نفسها ، كما انها اغفلت جانباً مهماً ، وهو الدراسة الحقلية للارض . فبعضها أعطى أهمية كبيرة للاراضي البكر ، رغم ان الحاجة الماسة هي الارض المزروعة نفسها والتي اختلعت الطبقات السطحية فيها نتيجة عمليات الخدمة المختلفة . كذلك فان العديد من الاراضي يتعرض لفعل الانجراف باستمرار وبالتالي تنشأ له خصائص متجددة فأرض تقع في مناخ التشنج مثلاً ، لن تتكون فيها خصائص التشنج اذا كانت الارض معرضة لفعل الانجراف ، حيث تنكشط الطبقة السطحية بفعل التعرية وتعرض الطبقة الصخرية للجو ... بالإضافة الى ذلك فان بعض الاراضي يضاف لها تكوينات جديدة باستمرار إما بفعل الهواء او بفعل الماء كالاراضي النهرية ، وهذه الاراضي لم يتكون لها قطاع ذا خصائص محددة ، كما لم تتضح فيها اثر عوامل التكوين المختلفة .

ان هذه النقاط ، بالإضافة الى اخطاء اخرى وقعت فيها جميع التقاسيم ، مع توفر البيانات المتعددة والمعلومات الكثيرة عن اراضي العالم نتيجة التقدم العلمي ، جعلت الاستمرار في أي من التقاسيم المعروفة امراً لا يخلو من الخطأ لمدة اسباب نوجزها بالتالي :

١ - ان مجاميع الارض العظمى في التصنيف القديمة كانت تحدد على اساس من العوامل البيئية

الخططة الخطة بالأرض وليس على أساس من خصائص التربة نفسها ، والحقيقة تهما الأرض نفسها وليست عوامل تكوين الأراضي ، ولذلك بقيت خصائص الأرض في كل مجموعة مهمة بعض الشيء .

٢ - ان التصنيف السابقة تضع الأرض المدروسة في أحد ثلاث مجموعات هي : نطاقية ، بين نطاقية ، لانطاقية . وبالرغم من أن هذا مفيد بعض الشيء ، إلا أن تحديد خصائص هذه المجموع على أساس خواص الأرض بقي غامضاً .

٣ - ان المبدأ من الأراضي التي حددت خصائصها في التقاسيم ، كانت تحت ظروف الأراضي البكر (غير المزرعة) Virgin soils ، وهذه الخصائص تتغير عند زراعة الأرض ، ولذلك كان تصنيف الأراضي المزرعة تبعاً لظروف الأراضي البكر أمراً بعيداً عن الحقيقة .

٤ - لقد جرت عدة محاولات للاستفادة من خصائص الأرض عند تقسيم الأراضي ولكنها كانت في الفروع الدنيا مثل Series و Types و Phases .

كذلك كانت هذه المحاولات تجري على بعض الخصائص القليلة التي تعتبر مهمة في بعض الدراسات، ولم تكن شاملة لجميع الخواص . وهذا أدى إلى وضع أراضين تحت قسم واحد نظراً لتماثلها في بعض الخصائص المختارة ، وربما اختلفنا في باقي الخواص .

٥ - لقد أعطيت خاصة اللون أهمية كبرى في جميع التصنيفات خصوصاً عند تسمية تحت الرتب وبجميع الأراضي الكبرى ، بالرغم من وجود خصائص أخرى أكثر أهمية . ولقد أدى هذا إلى حدوث بعض الالتباس عند التعبير . فهناك أراضٍ بنية في المناخ الرطب وأخرى بنية في المناخ الجاف وكلهما تسمى Brown .

٦ - استُخدمت أسماء المجموع الكبرى من عدة لغات ، ولذلك لم يكن الاسم معبراً عن الصفة . بالإضافة إلى ذلك ، أُطلقت أسماء متعددة على أرض واحدة ، مثال ذلك :

الأراضي السوداء في أستراليا Black Earth ، وهذه تقابل الكروموسول Grumusol في تكساس، كما تقابل أراضي Readzina التي أطلقها Marbutt . كما أن هناك أراضي سوداء في مانيتوبا Black Earth of Manitoba وهذه تقابل أراضي الترنوزم في North Dakota ... الخ .

والأراضي السوداء باللغة الانكليزية تقابل تشرنوزم في اللغة الروسية . فما هي الأراضي السوداء فعلاً .

كما استعملت أحياناً بعض الاصطلاحات لتعني أنواعاً عدة من الأراضي ، فأراضي Terra rossa استعملت لتصف أراضي في إيطاليا أو جنوب فرنسا أو في أستراليا أو في سوريا . وفي كل من هذه المناطق تختلف الأراضي المسماة بهذا الاسم اختلافاً واسعاً .

كل هذه الاسباب قد دفعت لوضع تقسيم جديد وضعت أسسه عام ١٩٦٠ ، ثم وضعت بعض التفصيلات له عامي ١٩٦٤ ، و ١٩٦٩ ولقد اخذ شكله النهائي في صيف ١٩٧٤ في مؤتمر عقد بموسكو . ولقد عرف هذا التقسيم باسم المحاولة السابعة 7th. Approximation حيث اعتمد في تسميته على اصول يونانية ولايتينية ، ذات صلة بخواص الارض .

ولن نستطيع في هذا الفصل ان نحيط بهذا التقسيم الجديد ، فذلك يحتاج الى مؤلفات اكثر ، إذ أنه يشكل علماً قائماً بذاته ، كما في الملكيتين النباتية والحيوانية ، ولكن سنحاول اعطاء فكرة تمهيدية عنه .

اشتقاق الاسماء للراتب التقسيمية في التصنيف السابع :

اعتمد هذا التقسيم اللغتين اللاتينية واليونانية في اشتقاق الاسماء باعتبارها اللغة العلمية التي سادت اوروبا في مستهل النهضة العلمية . ولقد أعطيت للرتب اسماء وصفية ، فبالاسم Aridisols أعطي اسماً لرتبة Order الاراضي الجافة ، وبلاحظ ان اللفظ Sol يعني ارض وهو الجزء الاخير من الكلمة ، يشير الى الرتب دائماً . واللفظ id الذي يسبق المقطع Sol هو تعبير وصفي للاراضي الجافة ، ويدخل في جميع اسماء الاراضي التابعة لرتبة Aridisols ، وذلك في نهاية الكلام .

والاسم Entisols هو اسم رتبة الاراضي ذات القطاع غير المميز كالاراضي الرسوبية حيث أن Sol تشير للرتبة اذ انه في آخر الكلمة، و Ent هو تعبير وصفي للاراضي ذات القطاع غير المحدد ويدخل في نهاية التسميات التابعة لرتبة Entisols .

اما تسمية تحت الرتبة فيتكون دائماً من مقطعين : احدهما المقطع الخاص بالرتبة ويقع في آخر الكلمة ، مثل id في Aridisols و ent في Entisols . والآخر وصفي ويشير الى تحت الرتبة ويقع في اول الكلام . فعلى سبيل المثال اراضي المناطق الجافة Aridisols والتي تتميز قطاعها بوجود تجمع للطين في احد آفاقها تأخذ اسم تحت الرتبة Argids فالقطاع arg محور من الافق argilic horizon الذي اشتق من اللغة اللاتينية argilla (أي الطين) .

واذا انتقلنا في التسمية الى المجموعة الكبرى نجد ان الاسم يتكون ايضاً من مقطعين : احدهما وهو اسم تحت الرتبة التي تتبع لها المجموعة الكبرى ويكون في آخر الكلمة والثاني هو الاسم الوصفي الذي يميز المجموعة الكبرى ويقع في اول الكلمة . فمثلاً تحت الرتبة Argids والتي تحوي اقفاً قاسياً (متصلاً) في قطاعها تكون هذه المجموعة الكبرى باسم durargids حيث ان dur مشتق من الاصل اللاتيني durns ويعني متصلبة ، أما argids فهو اسم تحت الرتبة التي تتبع لها هذه المجموعة الكبرى .

أما اسم تحت المجموعة Subgroupa فيكون عادة ثنائي الحد او عديد الحدود ، فالقطاع النموذجي

للمجموعة الكبرى تسمى تحت المجموعة له typic وتضاف لاسم المجموعة ، اي يصبح اسم المجموعة السابقة typic durargids ، والاسم Mollic durargids تشير الى تحت المجموعة التي يكون قطاعها أعمق من المعتاد واللون داكن ، وكلا تحت المجموعتين السابقتين تتبعان المجموعة durargids .

أما أسماء العائلات Families فلقد اتفق على ان يتكون ايضاً من مقطعين وهما : الاسم الدال على تحت المجموعة الكبرى ، مع وصف يميز العائلة ويكون عادة قوام الارض ، او التركيب المعدني ، او حرارة التربة ... الخ .

أما اسم السلسلة Series فيضاف الى اسم العائلة التابعة لها : اسم المكان او البلد الذي امكن التعرف على السلسلة واكتشافها لأول مرة .

الآفاق التشخيصية في التقسيم السابع :

لقد استخدم المشرفون على التقسيم السابع الاسماء التالية للدلالة على الآفاق المختلفة التي لوحظت في اراضي العالم . واقد اعطي لكل أفق وصفاً كمياً محدداً يميزه عن الآفاق الاخرى ، وسنعرض هنا الى أسماء هذه الآفاق مع وصف موجز لها فقط .

تقسم الآفاق التي استخدمت في التقسيم السابع الى مجموعتين تبعاً لموقعها في القطاع ، فالمجموعة الاولى تعرف بالآفاق السطحية ، ويطلق على كل منها epipedon ، والمجموعة الثانية وهي الآفاق تحت سطحية وتعرف باسم horizon .

٢ - المجموعة الاولى ، وتشمل :

١ - Mollic epipedon : وهو الافق او الآفاق السطحية لأراضي البوادي Steppe soils ، وهذا على العموم يعتبر عميقاً حيث يزيد عمقه عن ٢٥ سم . واللون داكن ، وله بناء مميز . درجة التشبع بالقواعد أعلى من ٥٠٪ ، ويعتبر الكالسيوم المتبادل أعلى من باقي الكاتيونات ، به دبال بدرجة واضحة .

٢ - Anthropic epipedon : يشبه الافق السابق ، إلا ان نسبة الفوسفور الذائب بالحامض به أعلى مما هو في الاول .

٣ - Umbric epipedon : الافق قاتم اللون ، قد يكون له بناء محدد ، وقد يكون البناء غير واضح ، التأثير حامضي قوي ، قد يحتوي على نسبة بسيطة من الكالسيوم المتبادل ولذلك فهو يختلف عن خواص Mollic ، به دبال بكمية واضحة .

٤ - Plaggen epipedon : وهو افق سميك جداً (اكثر من ٥٠ سم) ، وهو شائع في الاراضي الزراعية حيث تستخدم الاسمدة البلدية والعضوية بكثرة .

٥ - Histic epipedon : افق سطحي رقيق حيث السمك اقل من ٣٠ سم ، ويتكون من مواد عضوية ، وقد تكون الارض غدقة .

٦ - Ochric epipedon : افق رقيق ، اللون فاتح ، ينتشر في اراضي الغابات عادة ، ودرجة نضجه ضعيفة .

ب - المجموعة الثانية ، وتشمل :

١ - Argillic horizon : افق تجمع الطين نتيجة لهجرة الطين .

٢ - Natric horizon : ويشبه الافق الاول إلا انه يمتاز بسيادة الصوديوم التبادل على الطين ، كما يتحول البناء الى موشوري او عمودي ، وهذه من صفات الاراضي القلوية .

٣ - Argic horizon : وهذه شائعة في الاراضي الزراعية حيث يتجمع الطين والدبال نتيجة لقمل الانسان .

٤ - Spodic horizon : افق تجمع الدبال والالومنيوم والحديد في حالة غروية غير متبلورة كما في اراضي البودزول .

٥ - Cambic horizon : يختلف هذا الافق عن الافق الذي يملؤه بالخراس الكيماوية والفيزيائية والحيوية ، وهو على السوم ذات بناء محدد ، ولا توجد دلائل لحدوث عملية الانتقال والحركة للمناصر داخل القطاع ، ولكن الطين يتكون محلياً .

٦ - Oxic horizon : وتوجد في هذا الافق كمية من طين الكاؤولينيت ، كما توجد فيه أكاسيد سداسية بكمية أعلى مما يملؤه ، وتكون سعة تبادل التربة منخفضة جداً .

٧ - Albic horizon : وتتجمع في هذا القطاع المعادن الاولية والكوارتز ، ويميل لون الافق الى الرمادي والايض .

٨ - Calcic horizon : وتتجمع فيه كربونات الكالسيوم بدرجة كبيرة .

٩ - Gypsic horizon : ويتجمع فيه الجبس بكميات واضحة .

١٠ - Salic horizon : وتتجمع فيه الاملاح القابلة للذوبان بدرجة كبيرة .

١١ - Duripan : وهو افق صلب غير منفذ ، وينشأ ذلك عن فعل ثاني اوكسيد السليكون القوي يعمل كمادة لاحمة لبقية المكونات .

١٢ - Fragipan : وهو افق غير متصلب ولكنه غير منفذ يعمق حركة الماء والجذور ،

المراتب التصنيفية في التقسيم السابع :

يقسم التصنيف السابع اراضي العالم الى قسمين كبيرين هما : اراضي معدنية واخرى عضوية . ثم يقسم الاراضي المعدنية الى قسمين متميزين هما : اراضي ليس لها آفاق محددة او قطاعات مميزة ، واخرى لها آفاق محددة وقطاعات مميزة .

اما الاراضي ذات الآفاق المحددة فتقسم الى قسمين : اراضي تتعرض للجفاف اكثر من ستة اشهر في السنة وارضى تتعرض للرطوبة اكثر من ستة اشهر في السنة . والجدول رقم (٢١) يوضح الخطوط العامة للتقسيم السابع .

ويتضح من الجدول ان اراضي العالم مقسمة الى عشر رتب Order ثم تتفرع التقسيمات الى تحت رتبة Suborder ، فمجموعات اراضي كبرى Great group ، فتحت بمجموعات Subgroup ، فالمسألة Family ، فالسلسلة Series .

ولقد وضع وصف دقيق لكي لكل مرحلة من مراحل التقسيم المذكورة ، ولتحديد موقع الارض في التصنيف السابع لا بد من ان تجرى على العينات المأخوذة من القطاع الارضي جميع الدراسات الحقلية اللازمة بدقة ، وكذلك جميع التحليلات الفيزيائية والكيميائية ، ثم تقارن نتائج الدراسات والتحليلات مع الاوصاف الموضوعية لكل مرحلة من مراحل التقسيم السابع .

ولقد وضعت اوصاف محددة للرتب العشر ، تتناولها بإيجاز جداً مع بعض الشرح لواحدة منها على سبيل المثال وهي الرتبة الثانية نظراً لانتشار هذه الرتبة بمساحات واسعة في القطر العربي السوري .

الرتبة الاولى : Entisols

وتتبع لها الاراضي الاولى حيث الآفاق غـيـر واضحة في القطاع الارضي ، كما في الاراضي الرسوبية (النهرية) ، او الاراضي الواقعة على منحدرات حيث تتعرض لفعل الانجراف بالمياه ، ولذلك فهذه الاراضي صغيرة جداً Very young . وقد تكون ناشئة على مادة اصل مقاوم للتحلل كما في الكوارتز . وقد تكون هذه الاراضي قديمة الا ان تدخل الانسان قد عبر من الآفاق بالحراثة وما شابه ذلك . وقد ينتشر في هذه الاراضي قطاع من النوع Ochric epipedon .

الرتبة الثانية : Vertisols

وتتبع لها الاراضي التي تتميز بوجود طين معظمه من المونتموريللونيت ، ونظراً لقدرة هذا الطين على التمدد بالابتلال والانكماش بالجفاف لذا تظهر في هذه الاراضي خاصية التشقق الذي قد يصل لعمق

أكبر من ٥٠ سم ويتسع لأكثر من ١ سم ، ولذلك فإن التربة السطحية تسقط في الشقوق لأسفل وتحل محلها تربة من التي تحتها ، أي أن هناك حركة مستمرة داخل التربة تمنع ظهور آفاق في الطبقات العليا من التربة . وتتبع هذه الرتبة اراضي الكروموسول grumusol .

الرتبة الثالثة : Inceptisols

تتبع لها الاراضي ذات الآفاق الضعيفة والسريعة التكوين ، وتنتشر في المناطق الرطبة وشبه الرطبة ، حيث يكون فيها واحداً أو أكثر من الآفاق الآتية : Cambic horizon , fragipan , Umbric epipedon . ولا تبدو في هذه الاراضي الآفاق الواضحة الناشئة عن هجرة الطين أو الأكاسيد السداسية أي أن عمليات تكوين الاراضي ليست نشطة بدرجة كبيرة .

الرتبة الرابعة : Aridisols

تتبع لها اراضي المناطق الجافة ، ويشبه قطاعاها قطاع Entisols ولكن يضاف له افق أو أكثر من آفاق Cambic أو افق تجمع كربونات الكالسيوم أو الاملاح أو السليكا أو الطين المنسول . وعادة تقع الاراضي تحت غطاء من النباتات على شكل اعشاب صحراوية ولذلك فالتبقي من المادة العضوية قليلا ولا يكفي لتكوين افق mollic epipedon .

الرتبة الخامسة : Mollisols

تتبع هذه الرتبة الاراضي ذات قطاع mollic epipedon ، ودرجة تشبعها بالقواعد أعلى من ٥٠٪ ، وتتبع لها اراضي البوادي ، وأحياناً اراضي الغابات الناشئة على مواد اصل غنية بالجير .

الرتبة السادسة : Spodosols

تتبع لها اراضي المناطق الرطبة ، حيث تحسوي افق Spodic horizon وهو افق تجمع الدبال وأكاسيد الحديد والالومنيوم .

الرتبة السابعة : Alfisols

تتبع هذه الرتبة الاراضي ذات افق تجمع نتيجة هجرة الطين من أعلى وقد يجاوره افق Argillic أو Natric ، ودرجة التشبع بالقواعد أعلى من ٣٥٪ . ولا يحوي قطاع هذه التربة آفاق Spodic أو mollic . وقد يكون الغطاء النباتي غابات أو اعشاب طويلة .

الرتبة الثامنة : Ultisols

تتبع لها الاراضي الواقعة في المناخ الرطب مع فصول جفاف طويلة ، ودرجة التشبع بالقواعد

خلال القطاع اقل من ٣٥٪ ، وتقوم النباتات بحفظ بعض القواعد في اجسامها من ان تفصل مع مياه الامطار . ولا تحوي هذه الاراضي على افق Spodic او Oxic ولكنها تحوي افق تجمع الطين . وزيادة يكون الفضاء النباتي من الغابات .

الرتبة التاسعة : Oxisols

وتتبع لهذه الرتبة اراضي المناطق الرطبة الحارة حيث يوجد في قطاعها افق Oxic horizon ويتكون من أكاسيد حديد والومنيوم حرة وطين الكاؤولاينيت وكوارتز .

الرتبة العاشرة : Histosols

وتتبع لها الاراضي العضوية .

أما لتوضيح التدرج في الترتيب التصنيفية فمحو الحدود الدنيا فالتناول بالمرح الترتيب التالية Vernicols . وهذه الرتبة تشمل الاراضي المعدنية التي تحوي في جميع آفاقها ، انتهاء من عمق ٥ سم من السطح وإلى اسفل حتى الصخر الاصلي ، او حتى افق الجير Calcic horizon او حتى عمق ١ م واحياناً اقل ، تحوي اكثر من ٣٠٪ طين ، ولها سعة تبادلية اكثر من ٣٠ ملليميكاف / ١٠٠ غ تربة ، ويحدث لها في بعض فصول الجفاف ، اذا كانت غير مروية ، شقوق بعرض ١ - ٢ سم تمتد على الاقل حتى منتصف عمق التربة Solum . بالاضافة الى ذلك تحوي واحداً او اكثر من التالي :

١ - Gilgay

٢ - التربة متجمدة بشكل شرائح Slickensides متقاربة من بعضها .

وتقسم هذه الرتبة الى تحت رتبتين هما :

Aquerts (2.1)

والاراضي التابعة لها تحوي واحداً فقط او كلا من التالي :

١ - Ghroma اقل من ١٥٥ في الطبقة ٣٠ سم العليا .

٢ - نقط Mottle سائدة او مميزة في ٧٥ سم الاولى من القطاع .

Usterts (2.2)

والاراضي التابعة لها تحوي Chroma اكثر من ١٥٥ في الطبقة ٣٠ سم العليا . وتكون النقط الملوثة

في ٧٥ سم العليا قليلة الواضوح

ويقسم كل من تحت الرتبتين الى مجموعتين عظمى هما :

الاولى :

Grumaquerts (2.11)

Grumusterts (2.21)

عندما تجف الأرض بعد سقوط مطر يكفي لاشباع ١٥ سم العليا، وقبل حرائتها، تبدو الأرض في الطبقة السطحية ذات حبيبات متجمعة قاسية جداً ذات قطر غالباً اصغر من ٥ مم، مفككة، مسامية، وتقوم بحفظ الأرض. ولا يبدو في الطبقة السطحية أي بناء طبقي Platy، أو وجود قشرة سطحية كثيفة ناتجة من التحام حبيبات السلت أو الرمل وتماسكها بعد الجفاف.

فإن كانت الأرض من تحت رتبة Aquerts كانت المجموعة العظمى Grumaquerts. أما إن كانت

من تحت رتبة Usterts كانت المجموعة العظمى Grumusterts.

ثم تقسم كل مجموعة عظمى إلى تحت مجموعات محددة بأوصاف تفصيلية مثل:

Typic Grumusterts (2.210)

وهي تحوي لوناً ذات قيمة ٣.٥ أو اقل عند ترطيبها، و ٥ أو اقل عندما تجف وذلك حتى عمق ٣٠ سم.

Entic Grumusterts (2.211)

وهي تشبه مجموعة Grumusterts إلا أنها بدون الملاحظة المذكورة في تحت المجموعة السابقة.

الثانية:

Mazaquerts (2.12)

Mazusterts (2.22)

وهي تحوي بناءاً طبقياً سطحياً، أو فوجسد قشرة كثيفة على السطح تتكون من التحام حبات السلت أو الرمل بعد الجفاف، أو تكون امثال هذه التجمعات تحت السطح. أو ان التربة تحوي حبيبات متجمعة بعد جفافها ذات قطر غالباً اكبر من ٥ مم.

كما ان كلاً من المجموعتين تقسم الى تحت مجموعات ايضاً.

وبيين الجدول (٢٢) تقسيم الرتبة الثانية Vertisol.

ثم تتدرج التفريعات الى العائلة Family، ولقد أعطى التقسيم السابع صفات متعددة لتعير عائلة، فقد يكون القوام، أو نوع معدن الطين ونسبة وجود كل منها، أو تأثير الأرض، أو نوع المعدن السائد، مثل كربونات ونسبة وجودها أو الكبريتات... الخ، أو درجة حرارة الأرض على الاعماق المختلفة خلال موسم معين من السنة، أو درجة النفاذية، أو سمك الآفاق أو التربة نفسها، كذلك الانحدار... الخ

(جدول ٢٢) (١) تقسيم الرتبة الثانية Vertisols

Order	Suborder	Group
Vertisols (2)	Aquerts (2.1)	Grumaquerts (2.11)
		Mazaquerts (2.12)
	Usterts (2.2)	Grumusterts (2.21)
		Mazusterts (2.22)

فلو اخذنا مثلاً نوع المعدن السائد Mineralogy كمثال للمائلة لوجدناها تقسم الى :

- أ - كربوناتيّة carbonatic : اذا كانت نسبة الكربونات في ناعم التربة اعلى من ٤٠ ٪ .
- ب - كبريتاتيّة Sulfatic : اذا كانت نسبة الكبريتات في ناعم التربة اعلى من ٤٠ ٪ .
- ج - ميكا Micaceous : في الاراضي ذات القوام اخشن من الطينية ، اذا كانت نسبة طين الابلات (ميكا) اكثر من ٤٠ ٪ من كمية الطين الموجودة .
- د - سيليكاتيّة Siliceous : ويطلق ذلك على الاراضي التي تحوي ٩٥ ٪ او اكثر من السليكا SiO_2 ، مهما كانت الصورة الموجودة بها . او ان الاراضي تحوي ٦٥ - ٩٥ ٪ من السليكا ، اذا كانت اقل من ١٢ ٪ من الطين الموجود في ناعم التربة عبارة عن اكاسيد سداسية حرة .
- هـ - نوع معدن الطين : كاؤولينيت Kaolinitic : اذا كان السائد هو الكاؤولينيت .
- Montmorillonitic : اذا كان السائد هو المونتموريللونيت .
- Illitic : اذا كان السائد هو الابلات .
- Mixed : اذا لم تكن السيادة واضحة لأي من معادن الطين .
- ولقد أعطى التقسيم وصفاً دقيقاً للدرجات كل عائلة يمكن بموجبها تحديد اسم العائلة بدقة .
- اما السلاسل Series فان الاختلافات الموجودة بين اراضي العائلة الواحدة ، يمكن اعتبارها الاساس الذي يبنى عليه التقسيم الى سلاسل .

(١) لمعرفة تفصيلات جميع الرتب يمكن الرجوع الى :

U. S. D. of Agriculture, Soil Conservation Service, Washington, New Classification System, June 1964 .

جدول (٢٣) الرتب العشر في التقسيم السابع

الرتبة	الاصطلاح	الذي	بالانجليزية	الذي بالعربية	ما يقابله من التقسيم
1.	En Entisols	Nonsense Syllable	غير محدد	اراضي غير نظامية - بعض اراضي الجلاي Glei المضموية .	
2.	Ert Vertisols	Turn	قلب	اراضي الكروموسول - اراضي المناطق الماطرة والجافة بالتبادل .	
3.	Ept Inceptisols	Beginning	ابتداء	الاراضي البنية الحامضية - بعض اراضي النباتات البنية - بعض اراضي الجلاي المضموية .	
4.	Id Aridisols	Dry	جاف	الاراضي الصحراوية ، الاراضي الصحراوية المحمرة - او البنية ، او البنية المحمرة - مالحة - قلوية .	
5	Oil Mollisols	Soft	طري ، هش	كستنائية ، كستنائية حجرية ، بنية ، تشرنوزم ، برونيزم ، رنكزيما ، اراضي النباتات البنية . اراضي بودسول الماء الارضي .	
6.	Od Spodosols	Woodash	سحرجة (غابات)	بودسول - اراضي بنية بودسولية .	
7	Alf Alfisols	Nonsense Syllable	غير محدد	اراضي بودسولية بنية رمادية ، اراضي النباتات الرماضية ، اراضي بنية غير جيرية ، تشرنوزم متدهورة ، اراضي بلافسول ،	
8.	Ult Ultisols	Last	آخر	Terra Rossa . اراضي بودسولية حمراء وصفراء ، اراضي لاثيريت بنية وحراء . بعض اراضي المستنقعات .	
9.	Ox Oxisols	Oxide	اكسيد	اراضي لاثيريت - الاراضي القرميدية .	
10	Ist Histosols	Tissue	نسيج	اراضي المستنقعات .	

جدول (٢٤) اسماء تحت الرتب في التقسيم السابع

تحت رتبة Sub - order	المعنى بالانكليزية	التأثير في القطاع الارضي
١	Akr	تجوية شديدة
٢	Abb	القطاع مبيض
٣	Alt	مرتفعات عالية
٤	And	Ando
٥	Aqu	رطب - مبلل
٦	Arg	غضاري - طيني
٧	Ferr	وجود حديد
٨	Hum	وجود دبال
٩	Och	القسم العالي فاتح اللون
١٠	Ort	اساسي
١١	Psumm	رملي
١٢	Rend	شبه بالريندزينا
١٣	Ud	مناخ رطب
١٤	Umber	القسم العالي غامق اللون
١٥	Ust	مناخ حار جاف

جدول (٢٥) اسماء المجاميع العظمى في التقسيم السابع

مجموعات الاراضي الكبرى Great soil group	المعنى بالانكليزية	التأثير في القطاع الارضى
١ Agr	Belt	افق الزراعة
٢ Antr	Man	الطبقات المنزرعة
٣ Brun	Brown	لون بني غامق
٤ Calc	Calcium	افق الجير
٥ Camb	Change	افق التغيير
٦ Crust	Crust	تشكل القشرة
٧ Cry	Cold	بارد
٨ Crypt	Hidden	خفي مستور
٩ Dur	Hard	قاسي
١٠ Eutr	Fertile	سمعة تشبعية مرتفعة
١١ Frag	Brittle	هش
١٢ Gloss	Tongue	متداخل
١٣ Grum	Crumb	حببي
١٤ Natr	Sodium	وجود صوديوم
١٥ Verm	Worm	شبيه بالبريمة (حازون)
١٦ Plac	Flat stone	ارض قاسية - صلبة
١٧ Plag	Sod	افق مخضر مدري
١٨ Plint	Brick	محتويات داخلية قرميدية مسطحة
١٩ Rhot	Rose	احمر اللون
٢٠ Sal	Salt	ملوحة
٢١ Therm	Hot	حار
٢٢ Ult	Last	تجوية شديدة

وبين الجدول (٢٣) أسماء الرتب العشر الموجودة في التقسيم السابع ، وكذلك المقطع اللاتيني الذي يميزه ، وما يقابل هذه المعنى بكل من اللغتين الانجليزية والعربية ، وكذلك موقع المجاميع العظمى المدروسة في الفصل السابق في الرتب المختلفة التابعة للتقسيم السابع .

بين الجدولان (٢٤) و (٢٥) مقاطع الكلمات التي تشكل تحت الرتب والمجاميع الاراضي الكبرى والمشتقة من اللاتينية ، والتي تستعمل مع الرتب العشر . كما بين الجدولان المعاني المقابلة لما بكل من اللغتين الانجليزية والعربية .

كذلك يلاحظ أنه بالإمكان إضافة مجاميع كبرى جديدة أو تحت رتب جديدة في المستقبل اذا وجدت أراضي لم تدرس بعد ولا يوجد لها مكان في الجدول المقترح ، والذي نظم امتداداً الى المعلومات المتوفرة عن أراضي العالم .

التقسيم السابع وتطبيقه على الاراضي العربية السورية :

سنتناول في الفصل التالي تقسيم الاراضي السورية ، ولكن نستطيع هنا ان نذكر ان الاراضي السورية تتوزع على رتب عديدة في التقسيم السابع . فلقد استطاع المؤلف في دراسته لعدد من الاراضي السورية أن يصل للتالي :

١ - الاراضي الرسوبية المنتشرة على شواطئ الانهار ، وكذلك من المحتمل اراضي الفوطة ، فانها جميعاً تتبع الرتبة الاولى Entisols .

٢ - الاراضي المنتشرة في البادية ، او بصورة اوسع جميع المناطق الجافة عدا اراضي شواطئ الانهار . فانها تتبع الرتبة الرابعة Aridisols .

كذلك فان بعض اراضي المناطق نصف الجافة تتبع الرتبة الرابعة Aridisols مثل مناطق الحسكة والقسم الشمالي منها .

٣ - الاراضي الممتدة في منطقة القامشلي وعلى الطريق بين القامشلي ومالكية فانها تتبع الرتبة السابعة Alfisols .

٤ - اراضي المناطق الرطبة المتكونة على صخور جيرية مثل مناطق الجبال الساحلية او نصف الرطبة المتكونة على صخور غير جيرية مثل بعض السهول الساحلية وعكار ، وكذلك اراضي حوران . فانها تتبع الرتبة الثانية Vertisols .

٥ - اراضي المناطق الرطبة المتكونة على صخور غير جيرية : مثل بعض مناطق اعالي الجبال الساحلية وكذلك اراضي القنيطرة ، فانها تتبع الرتبة الخامسة Mollicols .

ويلاحظ ان الاراضي السورية التابعة لرتبة واحدة فانها تتوزع على بضعة تحت رتب وهكذا في التفرعات الادنى .

الفصل الثالث

الاراضي العربية السورية

لمحة عن عوامل تكوين الاراضي السورية :

يحسن قبل التكلم عن الاراضي العربية السورية ان نعطي فكرة موجزة عن العوامل المختلفة ذات العلاقة في تكوين هذه الاراضي .

يقع القطر العربي السوري في شرق حوض البحر الابيض المتوسط بين خطي عرض ١٩° ٣٢' و ١٩° ٣٧' شمالاً . وبين خطي طول ٤٢° ٣٥' و ٤٢° ١٨' شرقاً . شاعلاً ما يقرب من ١٨٥٠٠٠ كم^٢ .

ويقسم القطر من الناحية الطبوغرافية الى ثلاثة اقسام رئيسية :

(أ) - القسم الغربي ، وهو سلاسل الجبال العالية الممتدة من الشمال الى الجنوب ، والتي تحجز الرياح المحملة بالامطار والقادمة من جهة البحر من العبور الى داخل سورية . هذه الجبال تنكسر بعد طرطوس لتشكل ممراً جوباً يتيسر للرياح بما تحمله من غيوم العبور الى سهول حمص .

(ب) - القسم الداخلي ، والذي ينحدر تدريجياً للشرق والشمال الشرقي . وفي منطقة الانتقال بين الناطق الجبلية الساحلية وبين القسم الداخلي يوجد المنخفض الذي يطلق عليه اسم الغاب ، حيث كان مستنقاً قبل تجفيفه .

(ج) - ثم السهل المنبسط الممتد عند اقدام جبال طوروس الشمالية .

جدول (٢٦)
حساب معامل لانج Lang لبعض المناطق السورية (زين العابدين)

معامل لانج	الامطار	الحرارة	المنطقة	معامل لانج	كمية المطر السنوية/مم	المناسخ
٩١٣٢	١١٣٢	١٢٣٤	القدموس	٥٠ <	٨٠٠ <	رطب
٦٨٥٢	٧٩٨	١١٥٧	القيطرة			
٦٢٠٢	١٠٦٥	١٧	الحفة			
٤٣٥٥	٥٤٨	١٢٦٦	مالكية	٥٠ - ٣٠	٨٠٠ - ٤٠٠	نصف رطب
٣٨	٤٨٣	١٢٥٧	قامشلي			
٤٠٥٨	٤٧٨	١١٥٧	اعزاز			
٢٧٥٨	٣٥٦	١٢٦٨	حلب	٣٠ - ٢٠	٤٠٠ - ٢٠٠	نصف جاف
٢١٥٧	٢٧٦	١٢٥٧	حسكة			
٢٠٥٨	٢٩٧	١٤٥٣	دوما			
١٥٥٠	٢٠٣	١٣٥٥	خناصر	٢٠ - ٠٠	٢٠٠ >	جاف
٨٥٤	١٠٠	١١٥٩	فرقلس			

ومن الناحية الجيولوجية : يمكن اعتبار القطر قطعة من الصخور الجيرية المختلفة ، حيث تنتشر الصخور ذات الأزمنة القديمة نسبياً في الناحية الغربية ، بينما تزداد حداثة كلما اتجهنا الى الشرق . وتوزع بعض الحمم البازلتية من المصور الحديثة مبعثرة في الشمال والغرب والجنوب .

يتميز مناخ سورية بشتائه البارد والمطر ، وصيفه الحار الجاف . ويختلف توزيع الامطار كثيراً ، اذ أن المطول يتناقص من الغرب الى الشرق ومن الشمال الى الجنوب .

وتلعب الجبال الغربية الشاهقة الدور الاساسي في هذا التناقص . وعند تقسيم سوريا مناخياً من حيث تأثيره على تكوين الارض ، وجد المؤلف أنه من الاوفق استعمال معادلة Lang والتي تعتمد على درجة الحرارة وكمية الامطار السنوية ، مراعيًا عند حساب متوسط درجة الحرارة الشهور المعطرة فقط حيث تكون عمليات التجوية الكيميائية نشطة ، ولقد أمكن تقسيم سوريا الى اربع مجموعات : رطبة ، ونصف رطبة ، ونصف جافة ، وجافة كما في جدول (٢٦) .

ويبدو أثر الامطار واضحاً جلياً على التوزيع النباتي ، فبينما تسود في الجبال اشجار الصنوبريات والسنديان وبعض متساقطة الاوراق ، تنعدم هذه الاشجار في الجزء الباقي من البلاد ، لتسود الحشائش والشجيرات وبعض النباتات الشوكية .

الاراضي السورية :

نتيجة للاختلاف في تأثير عوامل تكوين الاراضي المتعددة والمتباينة تكوت في القطر العربي السوري اراضي متنوعة ، تختلف فيما بينها اختلافاً واضحاً ، ولكن من اكثر عوامل تكوين الاراضي تأثيراً هو المناخ . ونظراً للمناخ الخاص بحوض البحر الابيض المتوسط حيث الشتاء البارد والمطر والصيف الحار الجاف . فلقد تكونت اراضي تختلف في خواصها الى حد ما عن اراضي أخرى منتشرة في العالم ، وعلى كل فلقد أمكن تمييز مجاميع الاراضي الكبرى التالية :

الاراضي النطاقية (منطقية)

١ - الاراضي الصحراوية الحمرة Red Desert soils وينحصر لونها بين البني المحمر الفاتح ويزداد غمقاً مع العمق ، المادة العضوية قليلة ، نسبة الجير مرتفعة ، وقد تكون الارض مغطاة بقشرة كلسية أو جبسية . هذه الاراضي معرضة لفعل السفي بلرياح عادة ، ولذلك يوجد حصاً على السطح .

٢ - اراضي السيروزم Neirozem Soils : واللون رمادي مائل للبني قليلاً - كمية المادة العضوية قليلة ولا تمتد لأكثر من ٢٠ سم . نسبة الجير مرتفعة ، ويوجد تجمع للجير أو الجبس في طبقة تحت التربة .

٣ - أراضي بنية وبنية حمرة Brown and Reddish - Brown Soils : عمليات تكوين الأراضي هنا أكثر فعالية ، المادة العضوية ١ - ٢ ٪ الجير منفصل جزئياً من الطبقة السطحية ليتجمع في طبقة تحت التربة .

٤ - الأراضي الكستنائية والكستنائية الحمرة Chestnut and Reddish - Chestnut Soils ويكون اللون بها بنياً غامقاً وقد يكون مائلاً للاحمرار ، نسبة المادة العضوية أكبر من ١ ٪ . توجد تجمعات ثانوية Secondary Concretions من كربونات الكالسيوم في القطاع وعلى أعماق أكثر من ٤٠ سم . وتعتبر هذه الأراضي خصبة .

٥ - أراضي حوض البحر الأبيض المتوسط الحمرة Mediterranean Red Soils : ويطلق عليها البعض اسم Terra rossa ، والحقيقة فإنها تختلف عن التيرا روزا المنتشرة في إيطاليا وفرنسا في احتواء الأراضي السورية على نسبة أعلى من الجير ، كما أن تأثيرها قاعدياً . ويوجد في سوريا نوعان منها : الأولى وتنشأ على صخور بازلتية ، والتربة المتكونة خالية من الجير وتسمى Brown Soils ، والآخرى متكونة على صخور جيرية وتسمى Red Mediterranean .

الأراضي غير الطاقية :

٦ - الأراضي الصخرية Lithosols : وتتكون من طبقة رقيقة من التربة تملأ طبقة صخرية متماسكة ، قد تكون جيرية أو جبسية أو غير ذلك .

٧ - أراضي ريجوسول Regosols : وتتكون الطبقة السطحية عبارة عن مادة الأصل مفككة ، ولا يوجد تطور في القطاع الأرضي .

٨ - الأراضي الرسوبية Alluvial Soils : وتتكون من عدة طبقات مرتبة ولا يوجد تطور في القطاع - وغالباً ما تنتشر على ضفاف الأنهار .

لأراضي بين النطاقية :

٩ - الأراضي المالحة Solonchak Soils : وتنتشر في عدة مناطق ، في حوض الفرات ، وبعض مناطق الغاب ، والنوطة الشرقية وجيرود ، وبعض أراضي المنخفضات في تدمر والجزيرة . والأملاح المنتشرة تختلف من منطقة إلى أخرى .

١٠ - الأراضي الجبسية Gypsiferous Soils : وتوجد مبعثرة على شكل مساحات متقطعة في أراضي المناطق الجافة ، وقد ترتفع نسبة الجبس لتصل أكثر من ٨٥ ٪ أحياناً . ويختلف عمق ظهور الطبقة الجبسية من السطح حتى عمق أكثر من ذلك .

١١- الاراضي الغدقة Hydromorphic Soils : أو اراضي المستنقعات ، وكانت تنتشر في منطقتي الروج والغاب قبل تجفيفهما . واهم ما يميز قطاعها هو وجود مكونات ثانوية زرقاء اللون من مركبات الحديدوز والتي اختزلت من مركبات الحديد .
ونين في التالي وصفاً تفصيلياً لاهم مجاميع الاراضي المنتشرة في القطر العربي السوري .

اولاً - أراضي المناطق الرطبة :

وتشمل الاراضي الواقعة في المناطق ذات الامطار السنوية أكثر من ٨٠ مم ومعامل لانج لها أكثر من ٥٠ . وتقسم هذه الاراضي الى مجموعتين :

١ - أراضي مادة الاصل لها صخور جيرية .

٢ - أراضي مادة الاصل لها صخور نارية .

١ - أراضي بمادة أصل صخور جيرية :

ويطلق عليها Muir و Reifenberg اسم Terra Rossa ، بينما يسميها Van Liere بأراضي حوص البحر الأبيض المتوسط الحمراء Red Mediterranean .

وتشكل هذه الاراضي أغلب أراضي الجبال الساحلية ، وكذلك بعض أراضي الشريط الساحلي . وقطاع هذه الاراضي إما من النوع المكشوط Truncated profile ، الذي ازيلت الطبقات العليا منه تحت تأثير الانحراف بفعل الامطار ، او من النوع المترسب الذي تضاف اليه طبقات جديدة من التربة من الاراضي المجاورة ذات المنسوب الاعلى .

وتمتاز هذه الاراضي بلونها البني والبني الغامق في الطبقات العليا ، والذي يتحول الى بني مصفر في الطبقات السفلى ، كما انها تحوي نسب مختلفة من كربونات الكالسيوم ، فلقد وجد المؤلف انها تقل الى متوسط قدره ٣٨٦٥ ٪ في تربة حلالين قرب مصياف ، و ٥٥١٤ ٪ في قرية منجيلة على طريق اللاذقية - الحفة . والبناء فيها حبيبي . ويلاحظ ان كربونات الكالسيوم الموجودة تكون في صورة رمل خشن ورمل ناعم وبكمية قليلة في صورة صلت ، أما في صورة طين فتكون بكميات ضئيلة جداً .

وفي التالي بيان لبعض خصائص قطاع يمثل هذه المنطقة .

الموقع : قرية حلالين قرب مصياف ، على الطريق بين بانياس - مصياف .

الارتفاع عن سطح البحر : ٩٠٠ م .

الامطار : أكثر من ١١٠٠ مم سنوياً .

أما المادة العضوية فمنخفضة حتى في الطبقات العليا من القطاع وهي تبلغ في المتوسط ٢ ٪ وتنخفض

بسرعة مع العمق . وطبيعي ان تكون الاملاح الذائبة الكلية قليلة جداً نظراً لوقوع المنطقة في المناخ الرطب ، ولكن تأثير الارض قاعدياً ويزيد عن ٨ في غالبية الاحيان ، وهذه على العموم من خصائص الارض المحتوية على الجير .

جدول (٢٧) - التوزيع الميكانيكي لكربونات الكالسيوم في قرية حلالين
(مأخوذة من زين العابدين)

العمق / سم	٪ لكربونات الكالسيوم في			
	الرمل الخشن	الرمل الناعم	السلت	الطين
٠ - ٣٠	٨٢.٦٤	٨٥.٦٥	٣٧.٦-	٢٦.٩٠
٣٠ - ٨٥	٨٦.٦٥	٨٤.٦٥	٣٤.٦٩	١.٦٦
٨٥ - ١١٣	٨٧.٦٧	٧٣.٦١	٢٧.٦٣	٠.٦٥
١١٣ - ١٣٠	٧٦.٦٦	٥٠.٦٤	٢٧.٦٢	٠.٦٥

ويشير التحليل الكيماوي الكامل لقطاع الارضي ان جميع طبقات القطاع قد تعرضت لفعل عوامل التجوية بدرجة واحدة ولذلك تبدو كل من نسب السليكا للأومينا والسليكا للاكسيد السداسية متقاربة في جميع الطبقات .

جدول (٢٨) - التحليل الكيماوي الكامل لقطاع قرية حلالين
(محسوبة على أساس استبعاد كربونات الكالسيوم)

الطبقة	H ₂ O +	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	SiO ₂ /R ₂ O ₃	SiO ₂ /Al ₂ O ₃
	٪	٪	٪	٪	٪		
أ	١٠.٦٦	٤٣.٦٤	٢٦.٦٣	١٢.٦٥	٧.٦٤	٢.٦١٥	٢.٦٨٠
ب	١٠.٦٢	٤٥.٦-	٢٨.٦٧	١١.٦٥	٤.٦٦	٢.٦١٢	٢.٦٦٦
ج	٨.٦٨	٤٨.٦-	٢٦.٦٩	١٢.٦٧	٣.٦٧	٢.٦٣٢	٣.٦٠٣
د	٨.٦٥	٤٨.٦١	٢٦.٦٢	١٤.٦٦	٢.٦٦	٢.٦٣٠	٣.٦١٢

ولقد وجد المؤلف عند دراسته للدرجة نضج القطاع ان وجود كربونات الكالسيوم تمييق أو تؤخر لحد ما من نضج القطاع ، كما وجد عند دراسته لانتقال العناصر داخل القطاع الارضي ان ايدروكسيد الكالسيوم الناتج عن وجود كربونات الكالسيوم تمتص Peptize أكسيد الحديد ،

ولذلك تتحرك هذه الأكاسيد مع إيدروكسيد الكالسيوم لأسفل أو لأعلى وهذا ما لاحظته Khan أيضاً في أبحاث مشابهة .

ولقد ذكر Muir أن الأراضي التي سماها Terra rossa تتحول إلى أراضي الغابات البنية Brown forest soils في المرتفعات ، وأن الأراضي الأخيرة تتحول أيضاً إلى بودسول Podsol عند قمم المرتفعات ، ولكن المؤلف لم يلاحظ أي أثر لتكوين البودسول في الأراضي السورية .

أما نوع الطين الموجود ، فلقد وجد المؤلف عند استعماله الأشعة السينية أنه خليط من مونتيموريللونيت والفا - كوارتز وكاؤولينيت . وعند تقدير نسبة السليكا للأكاسيد السداسية في الطين بلغت ١٩٦٣ ممماً يؤكد وجود نسبة لا بأس بها من الكاؤولينيت .

ولقد وجد المؤلف أن بعض هذه الأراضي تنطبق عليها صفات أراضي Grumusols ، وهذا الاصطلاح يستعمل حالياً لأنواع الأراضي التي تتصف بالصفات التالية :

- ١ - نوع الطين السائد مونتيموريللونيت .
- ٢ - الطين مشبع بالقواعد ، خصوصاً الكالسيوم والمغنيسيوم .
- ٣ - قدرة الأرض على التشقق شديدة .
- ٤ - تتناوب فصول الأمطار مع فصول الجفاف .
- ٥ - وجود كربونات كالسيوم في القطاع .
- ٦ - عدم وضوح الاختلافات في القوام بين الآفاق داخل القطاع .

وعند استعمال التصنيف السابع ، وجد المؤلف أنها تتبع المرتبة الثانية Vertisols ، ولقد وجد

أن قطاع جلالين يقع في 2.211 Entic Grumestert, Calcareous Family .

٢ - أراضي ذات مادة أصل قارية :

وتنتشر هذه الأراضي في بعض الجبال الساحلية الواقعة في الجزء الجنوبي من صافيتا حتى حمص ، وعلى الصخور الخضراء المبهثرة في الجزء الشمالي من الساحل على طريق اللاذقية - كسب ، كما تنتشر في مناطق القنيطرة ، وفي بعض أراضي الشريط الساحلي بين بانياس وطرطوس وحتى حمص .

ولقد أطلق عليها Muir الأراضي البنية على بازلت Brown Soils on Basalt في حين سماها

Van Liere أراضي حوض البحر الأبيض المتوسط الحمراء Red Mediterranean .

وتختلف الطبقة الأمية لهذه الأراضي من منطقة إلى أخرى ففي منطقة كسب وما حولها تنتشر

لصخور الخضراء بأنواعها الجارو والبريتين ، وفي القنيطرة ينتشر الرماد البركاني البازلي Tuffs and Ashes ، بينما يكون البازلت هو الطبقة الأم في المناطق والجبال الساحلية .

والصفات العامة لهذه الاراضي : ان لونها يكون بنياً داكناً Dark Brown على العموم ، وقد يضاف له ظلاً رمادياً غامقاً Dark Grayish Brown يكسب الارض اللون القاتم اقرب الى السواد ، والبناء في هذه الاراضي غالباً ما يكون حبيبياً ، ولكن اقطار التجمعات Aggregates تختلف كثيراً .

والاملاح القابلة للذوبان قليلة جداً ، نظراً للانفصال الشديد الذي تتعرض له هذه الاراضي بفعل الامطار . ودرجة الحموضة لأغلب هذه الاراضي متعادل تقريباً حولي (٧) وقد يزيد حتى القاعدية الخفيفة . وفي المناطق شديدة الامطار تنخفض درجة الحموضة وتصبح (٥ - ٧) كما في الاراضي الواقعة في المرتفعات .

أما المادة العضوية ، فتكون منخفضة نسبياً في الاراضي المزروعة حيث تبلغ ١٥٪ في الطبقة السطحية ، بينما تزيد في الاماكن المرتفعة وفي الاراضي غير المزروعة لتبلغ اكثر من ٣٪ ، وتحوي الطبقة السطحية دائماً أعلى نسبة من المادة العضوية والتي تتناقص مع العمق باستمرار .

وجميع هذه الاراضي خالية من كربونات الكالسيوم . وان الانفصال الشديد الذي تتعرض له هذه الاراضي يشير الى فقد جميع مكونات التربة اذا ما قورنت هذه المكونات مع الطبقة الامية . ولقد حسب المؤلف في عدة اراضي الفقد والكسب في المكونات داخل اقطاع ، فوجد ان أعلى فقد يكون في اكسيد الكالسيوم والمغنيسيوم ، وان هناك فقداً ضعيفاً في جميع طبقات اقطاع لاكسيد الحديد والالومنيوم ، أما السليكا فالفقد فيها قليل جداً . ولذلك لا تبدو على هذه الاراضي اعراض البذلة الحقيقية Real Podsolization كما اقترح Muir .

ولقد لاحظ المؤلف في اراضي المرتفعات ، حيث الامطار اكثر من ١٠٠٠ مم ان هناك هجرة لطين من الطبقات السطحية الى الطبقات تحت السطحية .

وبين الجدولان (٢٩) ، (٣٠) بعض التحليلات لأراضي منطقة شين الواقعة على ارتفاع ١٠٠٠ م على طريق طرطوس - وادي الميون - حمص ، واري اريزونة الواقعة على طريق طرطوس - حمص والتي ترتفع حوالي ٦٢ م عن سطح البحر .

ولقد وجد المؤلف عند استعماله للاشعة السينية ان معدن طين الطبقة السطحية من اراضي اريزونة تشكل غالبية من مجموعة المونتموريلاونيت مع نسبة بسيطة جداً من ألفا - كوارتز . وفي تصنيف المؤلف لهذه الاراضي ، وجدها تتبع بمجموعات متعددة ، فأراضي منطقة شين اطلق عليها اسم Brunizem - وعند استعمال تصنيف السابع وجد انها تقع تحت المرتبة الخامسة (Argustoll) وانها تصنف 5.630 Typic Argustoll

اما اراضي القنيطرة فلقد اطلق عليها اسم Brown Soils وفي التصنيف السابع فانها تقع تحت مرتبة الخامسة Mollisols أيضاً ، وهي تصنف 5.62 And = Andic Haplustoll .

جدول (٢٩)
التركيب الميكانيكي والمادة العضوية لأراضي شين واريونة

المكان	العمق سم	رمل خشن %	رمل ناعم %	سلت %	طين %	مادة عضوية %	١
شين	١٠ - ٠	٩١٧	٣٨١٠	٢١١٦	٢٥١٧	٣١٣	
	٢٧ - ١٠	٣١٩	٢٣١٢	٢٧١٠	٤٣١١	٢١٢	
	٤٥ - ٢٧	٤١٥	٢٠١٨	٢٧١٢	٤٥١٦	١١٤	
	٦٢ - ٤٥	١٣١٢	١٧١٩	٢٤١٧	٤١١٠	١١١	
اريونة	٧ - ٠	٤١٤	١١١٨	١٩١٨	٦٠١٣	١١٣	
	٣٢ - ٧	٤١٥	١٢١٦	٢٠١٤	٥٩١٢	٠١٩	
	٣٨ - ٣٢	٢٦١٦	١٩١٧	١١١٩	٣٨١٤	٠١٤	
	٥٥ - ٣٨	٤٦١٩	٢٠١٣	٦١٠	٢١١٦	٠١٣	

جدول (٣٠)
التحليل الكيماوي لأراضي شين واريونة

المكان	العمق	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	CaO %	MgO %	SiO ₂ / R ₂ O ₃
شين	١٠ - ٠	٤٠١٥	٢٨١٨	٢١١٥	١١٧	٢١٧	١١٢٠
	٢٧ - ١٠	٣٢١٢	٢٩١١	٢٠١٩	١١٥	٢١٥	١١٢٩
	٤٥ - ٢٧	٣٣١٤	٢٩١١	٢٠١٤	١١٤	٢١٣	١١٣٤
	٦٢ - ٤٥	٣٤١٣	٣١١٢	١٩١٧	١١٤	٢١٣	١١٣٣
	الطبقة الأم	٢٤١٢	٣١١٥	١٩١٩	١١٥	٢١٠	٠١٩٣
اريونة	٧ - ٠	٤٨١٠	٢١١٣	١٦١٧	٣١٦	١١٨	٢١٥٥
	٣٢ - ٧	٤٨١٦	٢٠١٩	١٦١١	٣١٥	١١٨	٢١٦٥
	٣٨ - ٣٢	٤٦١١	٢١١٠	١٨١١	٣١٦	٣١٠	٢١٤١
	٥٥ - ٣٨	٤٤١٥	٢٢١٨	١٧١٨	٣١٦	٣١١	٢١٢١
	الطبقة الأم	٤٧١٥	١٩١٩	١٥١٤	٨١٦	٤١٣	٢١٧١

واراضي منطقة اريزونة الواقعة على طريق طرطوس - حمص ، فقد سميت Gramusol وتصنف حسب التقسيم السابع 2.210 Typic Gramustert, Non Acid Family .

ثانياً - أراضي المناطق شبه الرطبة :

وتقع عادة الى الشرق من المنطقة الرطبة حيث يحدها من الغرب سلاسل الجبال العالية ، بينما تنتهي من الشرق بخط وهمي يمر من حمص وحماة ويمتد شمالاً حتى جبال طوروس . كما توجد منطقة اخرى شبه رطبة حيث تنحصر بين خط وهمي يمتد من الدرباسية حتى حدود العراق شرقاً ، وبين سلسلة جبال طوروس شمالاً ، وهذه المنطقة تعرف برأس البطة .

والصفات العامة لهذه الاراضي ان لونها غالباً ما يكون بنيّاً مصفرّاً Yellowish او بنيّاً Brown او بنيّاً غامقاً Dark Brown وذلك تبعاً لكمية الامطار التي تهطل في كل منطقة . كما ان البناء غالباً ما يكون حبيبيّاً . والاملاح الذائبة قليلة على العموم ، وجميع هذه الاراضي تحتوي كربونات كالسيوم بنسب مختلفة ؛ سواء نشأت على صخر جيري او بازلي ، ودرجة الحموضة لهذه الاراضي قلدياً وهذه صفة الاراضي الجيرية . والارض مشبعة بالتواعد . ويشكل الكالسيوم الفلزية الغظمى من الكاتيونات المتبادلة كذلك فان كمية المادة العضوية قليلة وهي تتناقص مع العمق .

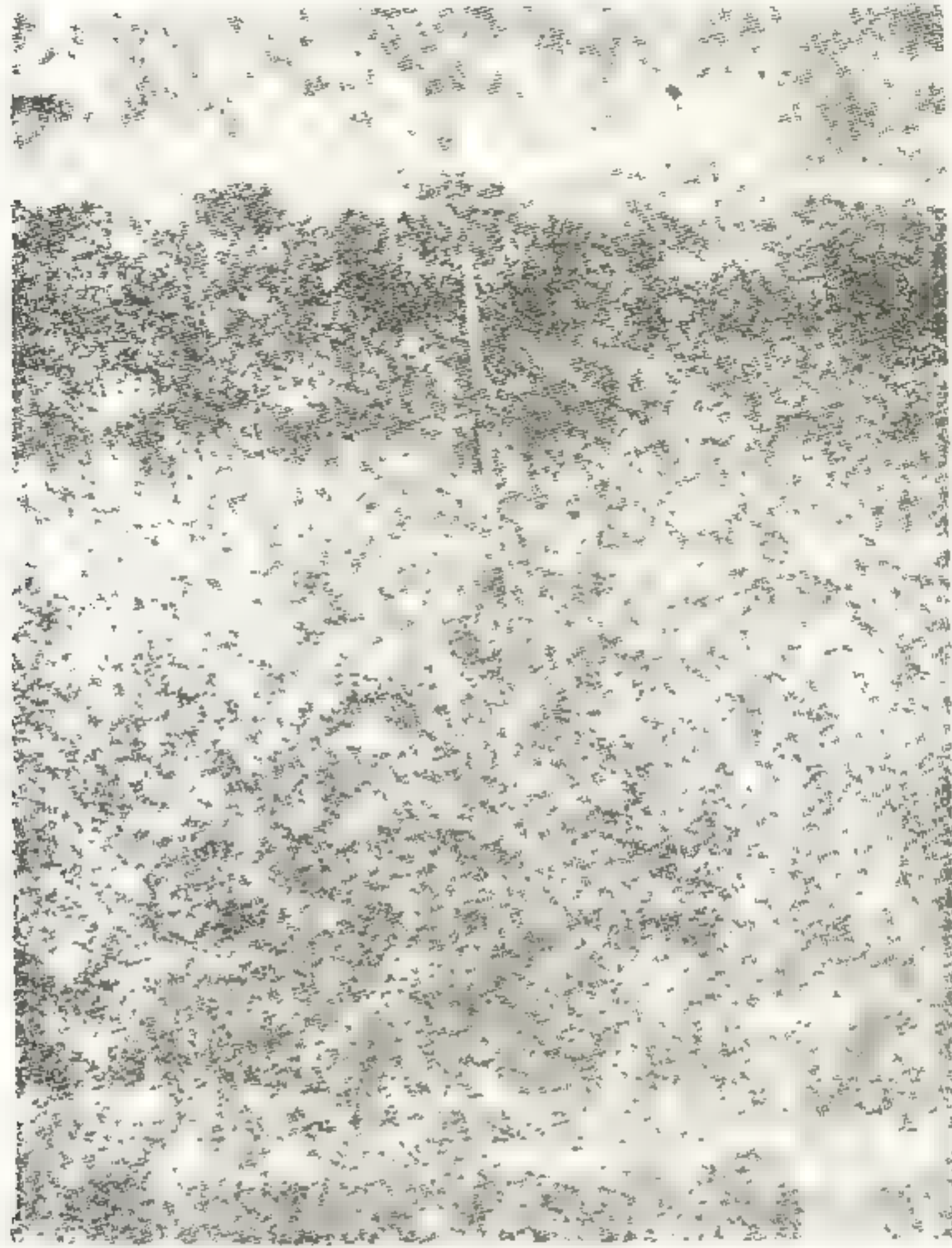
جدول (٣١)

التحليل الميكانيكي لأتربة قرية كفر خليل بمنطقة قبور البيض

العمق/سم	رمل خشن /.	رمل ناعم /.	سلت /.	طين /.
٠ - ٢٠	١٦٨	١٠٦٤	٤٢٦٩	٤٤٦٤
٢٠ - ٥٠	٢٦٥	٩٦٢	٣٨٦٠	٤٨٦٩
٥٠ - ٨٥	١٦٣	٩٦٠	٣٣٦٤	٥٦٦١
٨٥ - ١٣٠	٢٦٤	٨٦٧	٣٤٦٤	٥٥٦١

وأما نوع معدن الطين السائد ، فقد وجد المؤلف في عينات مأخوذة من شمالي حلب ومن شمال شرق سوريا قرب قبور البيض ان معدن الطين السائد هو من مجموعة المونتوريلاونيت بينما وجد Muir في قطاعين مأخوذين قرب حمص ان معدن الطين السائد في احد منها هو المونتوريلاونيت ، بينما في القطاع الآخر وجد الكاؤولينيت وبعضاً من القرميكيوليت Vermiculite .

ولعل أهم صفة هو ان التربة الناشئة من الصخور الجيرية او البازلتية تكون متقاربة في اكثر الخصائص الكيميائية ، عدا نسبة ما تحويها من كربونات الكالسيوم ، وهذا يعني ان تأثير المناخ هو الواضح ، اذ ينتج اراضي متائلة رغم الاختلاف الكبير في الطبقة الام .



شكل (٤٤)

قطاع ارضي في ارض كستنائية وبلاحظ تكوينات ثانوية من كربونات الكالسيوم

ولقد اطلق Muir على اراضي منطقة حمص اسم Red - Brown Steppe Soils . بينما اطلق المؤلف على اراضي شمال حلب اسم Chestnut Steppe Soils ولتمييزهما عن الاراضي الكستنائية المنتشرة في الولايات المتحدة والاتحاد السوفيتي اقترح المؤلف اضافة اسم المنطقة التي تقع فيها مثل هذه الاراضي مثل Anadan - Chestnut Steppe Soils .

أما اراضي كفر خليل الواقعة قرب قبور البيض فلقد اطلق عليها المؤلف اسم Brown Earth وعند تطبيق التقسيم السابع عليها وجد انها تسمى 7.460 Typic Haplustalf , Fine Calcareous .

جدول (٣٢)
التحليل اليكاني و كربونات الكالسيوم لأراضي طفس (ناشئة على بازالت) والباب (ناشئة على صخر جيري)
(محسوبة بعد استبعاد كربونات الكالسيوم)

المكان	المق	رمل خشن	رمل ناعم	سلت	طين	كربونات كالسيوم
	٪	٪	٪	٪	٪	٪
طفس (حوران)	٢٠ - ٠	-	٢٨٦٤	٢٩٦٤	٤٢١٢	١٣٦٩
	٢٠ - ٤٠	-	١٤٦٩	٢٩٦٣	٥٥٦٨	١٤١٧
	٨٠ - ١٢٢	-	١١٦٧	٢٣٦٣	٦٤٦٩	١٥٦٤
<hr/>						
الباب (حلب)	٠٠ - ٢٥	٠٠٢	٢٦٩	١٣٦٧	٥٩١١	٢٠٦٥
	٥٠ - ١٢٠	٠٠٢	٢١١	١١٦٠	٥٤٦٨	٢٩٦٨
	١٢٠ - ١٩٠	٠٠٧	٢٦٦	٩١١	٤١٦٠	٤٥٦٩

ثالثاً - اراضي المناطق شبه الجافة :

وتمتد هذه الاراضي على صورة شريط ضيق من جنوب سوريا حتى شمالها ، ماراً شرقي حمص وحماه ، هذا الشريط ينحني قرب حلب وحتى مسكنة ثم يمتد شرقاً ، وهو يحصر شريطاً آخر يقع بين الصحراء وأقدام جبال طوروس . ولقد اطلق البعض على هذا الشريط اراضي البادية Steppe وهذه الاراضي تتعرض لأمطار أقل من النوعين السابقين ولذلك فان عوامل التجوية فيها لم تقطع امشواطاً بعيدة.

وتتميز هذه الاراضي عادة الى اللون البني المحمر Reddish Brown أو البني الفاتح Light Brown وتعتبر كمية الاملاح القابلة للذوبان على العموم قليلة . وجميع أنواع هذه الاراضي سواء كانت ناشئة على صخر جيري أو صخر بازلي تحوي كربونات كالسيوم ، ولو أن جيرية النشأة تحوي نسباً أعلى من كربونات الكالسيوم مما في الاراضي بارلتية النشأة . والقطاع في هذه الاراضي غير واضح ، غير ان هناك انفصال جزئي لكربونات الكالسيوم من الطبقة السطحية الى الطبقات الاعمق مكونة ما يشبه التكوينات الثانوية لكربونات الكالسيوم Concretions .

وجميع هذه الاراضي قاعدية ، والمادة العضوية قليلة وتتناقص مع العمق والبناء فيها حبيبي ، والطين فيها من مجموعة المونتموريللونيت وقد تحوي نسبة من Attapulgite وتشقق الارض بشدة عند الجفاف ، وقد تمتد الشقوق لاعماق كبيرة .

ولقد أطلق عليها Muir اسم الاراضي السنتية البنية الحمراء Red Brown Steppe في حين سماها Reifenberg اراضي حوض البحر الابيض المتوسط السنتية Mediterranean Steppe Soils كما أطلق عليها فان لاير اسم Cinnamonic . أما المؤلف فلقد أطلق على اراضي الباب في حلب اسم El - Bab Light - Brown Steppe Soils . وعلى اراضي طفس اسم Grumusols ، وعلى اراضي شمال الحسكة اسم Grey Brown Desert Soils .

وعند استعمال التقسيم السابع وجد المؤلف ان اراضي طفس في حوران تقع في

2211 Entic Grumestert, Calcareous Family (20 - 122cm)

واراضي شمال الحسكة تقع في

4.215 Mollic Haplarzid

رابعاً - اراضي المناطق الجافة :

وتشكل هذه الاراضي البادية السورية . لونها ينحصر غالباً بين البني الفاتح Light Brown والبني المحمر الفاتح Light Reddish Brown وذلك بالنسبة للطبقة السطحية ، أما الطبقات العميقة فيغلب عليها اللون الوردي الفاتح Pink or Pinkish White والبناء في هذه الاراضي قد يكون صفائحياً Platy

جدول (٣٣)
التركيب الميكانيكي وتوزيع كرومات الكالسيوم لأراضي فرقلس والقرينين في البادية السورية

كرومات كالسيوم %									
الكمية	الرمال الخشن	في الرمل الناعم	في السلت	في الطين	المكان				
					فرقلس	القرينين	القرينين	القرينين	القرينين
٠/٠	٠/٠	٠/٠	٠/٠	٠/٠	٠/٠	٠/٠	٠/٠	٠/٠	٠/٠
٣١٠٩	٥٠١٨	٦٣٠٩	٧٨٠٧	٥٧٦٥	١٩٠٨	١٩٠٥	٤١٠٢	١٨٠٢	٨ - ٠٠
٣٣٠٦	٥٥١٣	٦٧٠٦	٨٢٠٤	٦٠٠٤	٢٤٠٤	١٨٠٢	٣٧٠٣	٢٠٠١	٢٠ - ٨
٦٤٠٩	٨٠٠٣	٧٦٠٤	٨٥٠٥	٧٤٠٠	٣٥٠٤	٢٣٠٢	٢٢٠٦	١٧٠٢	٤٠ - ٢٠
٢٢٠٢	٤٠٠٢	٤٦٠٧	٤٠٠٨	٤٢٠٠	١٥٠٢	٢٠٠٣	٤٠٠٢	٢٤٠٣	١٠ - ٠
٢٦٠٥	٥٠٠٥	٤٩٠٦	٤٤٠٨	٤٣٠٢	٣٤٠٧	٢٤٠٦	٢٢٠٧	١٨٠٨	٣٥ - ١٠
٣٧٠٢	٤٨٠٩	٤٩٠٥	٤٢٠٨	٤٣٠٣	٣٥٠٤	١٩٠٨	١٩٠٥	٢٥٠٨	٨٢ - ٦٠

غير واضح في بضعة مستعمرات الاولى ، ثم يصبح بندياً Nutty في الطبقات تحت السطحية ، وعلى العموم لا يوجد بناءً واضحاً لهذه الاراضي . ونسبة الحجارة فيها مرتفعة وأغلبها جيرية . وتعرض هذه الاراضي لسفي الرياح استمرار . ويشير التركيب الكيماكي لهذه الاراضي إلى الارتفاع نسبة الرمل بنوعيه بالنسبة لباقي اراضي الجمهورية . كما أن محتواها من كربونات الكالسيوم عالي ايضاً ، وأن نسبة واضعسة منه تكون في صورة طين .

ويلاحظ أن أغلب هذه الاراضي تحوي في الطبقات العميقة من القطاع نسبة من الجبس (كبريتات الكالسيوم) . وان قطاع هذه الاراضي من النوع AC حيث أن أفق A يتكون من مواد جيرية ذات لون بني فاتح او غير ذلك وبه نسبة من المادة العضوية ، ثم أفق C والذي يمثل مادة الاصل .

أما الاملاح الذائبة الكلية فإن نسبتها مرتفعة في هذه الاراضي ، وقد تزيد في بعضها زيادة كبيرة حيث انها تتحول الى اراضي مالحة . ونظراً لقة الامطار فإن فعل التجوية يكون ضعيفاً ولذلك تحتفظ التربة بهذه النسبة العالية من الاملاح القابلة للذوبان .

ولقد وجد Muir وكذلك المؤلف ان الطين في بعض هذه الاراضي يتكون اساساً من الاتابولجيت ، مع نسبة من الكاؤولينيت والايلايت .

ولقد اطلق عليها Muir اسم Brown Desert Soils وسماها فان فيلر و Reifenberg بالاراضي الصحراوية Desert Soils . واطلق عليها المؤلف اسم Grey Desert Soils وعند استعمال التقسيم السابع وجد المؤلف ان اراضي فرقلس تقع تحت :

4.210 Typic Haplargid - Fine Carbonatic Family

وان اراضي القرين تقع تحت

4.23 M. Mazic Natragid, Fine Carbonatic Family

خامساً - الاراضي الجبسية Gypsiferous Soils :

وتنتشر هذه الاراضي مبثرة في المناطق الجافة ، وهي تشكل مساحات واسعة . وأغلب الجبس الموجود هو من الصخر الاصلي True rock المتشكل في المصور الجيولوجية السابقة ، كما توجد نسبة منه في صورة غير بلورية موزعة داخل القطاع ، وهذا النوع الاخير من كبريتات الكالسيوم هو ذات تكوين ثانوي نشأ أثناء تطور القطاع الارضي .

والنباتات النامية في مثل هذه الاراضي قليلة ومبثرة ، وتتكون أغلبها من Celsia Lanceolata و Herniaria sp. و Erodium Glaucophyllum . ولونها عادة فاتح نظراً لارتفاع نسبة الجبس وكربونات الكالسيوم في القطاع . وقد يكون وردياً رمادياً Pinkish Gray في السطح ، يتحول الى وردي فاتح

جدول (٣٤)
بعض التحليلات الكيميائية لأراضي جسيبة في الفرات

المكان	العمق م	كبريتات الكالسيوم ٪	كربونات الكالسيوم ٪	سيليكات ٪	أكاسيد سداسية ٪
قرية خشام (دير الزور)	٥ - ٠	٠٦٨	٢٣٥٤	٤٤٥٤	١٧٥٤
	٥ - ٢٣	٢٥٢	٢٣٥٧	٤٢٦٨	١٦٥٧
	٢٢ - ٤٤	٤٨٥٧	٨٥٧	٢١٥٦	٩٥٦
	٤٤ - ٧٨	٦٤٥٧	١٥٨	١٧٥٧	٥٥٨
	الطبقة الآمية	٧٩٥٧	٠	٩٥٣	٢٥٦

Very Pale Brown في الطبقات تحت السطحية وفي أغلب هذه الاراضي لا يوجد بناء مميزاً واضحاً .

وتعتبر كمية الاملاح الذائبة قليلة اذا ما استبعدت كمية كبريتات الكالسيوم منه ، اذ المعلوم أن نسبة ذوبان الجبس هي ٠.٠٢٤ ٪ . ولعل أهم صفة تميز هذه الاراضي هو وجود طبقة من كربونات الكالسيوم تملأ طبقة الجبس ، كما هو موضح في الجدول (٣٤) . إذ يلاحظ ان كمية كبريتات الكالسيوم تزداد مع العمق حتى الطبقة الامية في حين تسلك الكربونات سلوكاً معاكساً وتعرض هذه الاراضي بشدة لفعل الرياح حيث تزال الطبقة السطحية ، كما يترسب عليها أحياناً مواد أخرى جديدة .

ولقد صنفها فان لير Van Liere بالاراضي الجبسية وسماها المؤلف Grey Desert Soil- Gypsiferous Family

وعند استعمال التقسيم السابع وجد المؤلف انها تقع تحت

4.110 Typic Camborthid , Light Loamy , Gypsiferous Family

وأما عن الأهمية الزراعية لهذه الاراضي ، فان قسماً كبيراً من هذه الاراضي يقع في مناطق التوسع الزراعي الذي سيحدث بعد انشاء سد الفرات . ويعتبر ملح كبريتات الكالسيوم غير ضار فيسيولوجياً للنباتات ولعل الضرر الجزئي الناتج عن وجوده يرجع الى رفعه للضغط الاسموزي للمحلول الارضي . ولقد وجد المؤلف في الحاث اجراها داخل أصص تحوي معدلات مختلفة من الجبس ، انه يمكن زراعة القطن بنجاح في الاراضي التي تحوي جساً حتى ٢٠ - ٢٥ ٪ وان الضرر الناتج عن وجود معدلات أعلى من الجبس يرجع الى قلة المواد الغذائية في التربة ، وإلى ضعف الخواص المائية للارض ، وابتس للجبس نفسه . أضرب الى ذلك ان الانشاءات الهندسية كالطرق والجسور وقنوات الري... وغيرها تحتاج الى ترتيب خاص عند انشائها في الاراضي المحتوية للجبس نظراً لقدرة الجبس على الذوبان مع مياه الري او الامطار مما يؤدي الى انهيار هذه المنشآت اذا لم تتخذ الاحتياطات لذلك .

سادساً - الاراضي الهريّة Alluvial Soils :

وتقع هذه الاراضي على ضفاف الانهار خصوصاً نهر الفرات . واللون في هذه الاراضي يكون بنياً أو بنياً فاتحاً Brown & Pale Brown وذلك في الاراضي البعيدة من النهر . أما القريبة من الشاطئ فيكون لونها رمادياً بنياً Greyish Brown .

والقطاع في هذه الاراضي غير واضح ، اذ انها اراضي حديثة التكوين ، تضاف لها سنوياً طبقات جديدة من الطمي اثناء الري بمياه النهر المحملة بكمية من الطمي .

وقوام هذه الاراضي خشن ، إذ ان نسبة الحبيبات ذات القطر اكبر من ٥٠ ميكرون تبلغ حوالي ٥٠ ٪ او اكثر من مجموع الحبيبات . ويلاحظ في جميع اراضي حوض الفرات انها خالية من

جدول (٣٥)
بعض خصائص اراضي قرية المشارة (في الميادين بجوف الفرات)

حيات < ٥٠ ميكرون	كربونات كالسيوم %	التوصيل الكهربائي ملليهور/سم	درجة الحموضة	المق/سم	المكان
٥٠٦٣	٢٢,٩	٠,٦٣٨	٨,١	١٥ - ٠,٠	قرية المشارة
٤٦,٥	٢٤,٧	٠,٦٤٨	٨,١	٣٥ - ١٥	٤ كم من شاطئ النهر
٤٧,٧	٢٥,٩	٠,٦٧٢	٨,٠	٦٥ - ٣٥	
٤٠,٣	٢٤,٤	٠,٦٩٠	٧,٨	١٤٧ - ٦٥	
٥٣,٧	٢٤,٥	١,٦٣٥	٧,٨	١٧٢ - ١٣٧	

الطبقات الكتيمية في القطاع الارضي ولذلك فنفاذيتها عالية نسبياً . وتأثير هذه الاراضي قاعدي ، نظراً لاحتواء الارض على نسب مختلفة من كربونات الكالسيوم .

ويلاحظ في هذه الاراضي أن الاملاح الذائبة تزداد كلما تعمقنا في القطاع الارضي ، وان الاراضي المجاورة للنهر تحوي أملاحاً أقل من الاراضي البعيدة عنه . كذلك فإن الاراضي المجاورة للنهر تبدو بها آثار ضعيفة من كبريتات الكالسيوم ، في حين تزداد كمية هذا المركب كلما بعدنا عن شاطئ النهر وقربنا من التلال المحاذية للبادية السورية .

وتعتبر اراضي حوض الفرات ذات اهمية زراعية كبيرة ، اذ تزرع مساحات واسعة بالقطن ، ولكن نظراً لسوء العمليات الزراعية مع وقوع هذه الاراضي بالمناخ الجاف ساءت خواص كثير من هذه الاراضي الجيدة وتحولت الى اراضي مالحة Saline soils وقد سبق الاشارة الى ذلك .



الفصل الرابع

حصص الاراضي

SOIL SURVEY

العلاقة بين تقسيم الاراضي وحصر الاراضي :

تناولنا في الفصول السابقة بعض النظم التقسيمية البيدولوجية ، ويعرف النظام التقسيمي البيدولوجي بأنه النظام الذي يعتمد على اتخاذ جميع خواص الارض وملاحظاتها جميعاً ليعتمد هذه الارض كنظام طبيعي يميز مستقل . ويمتد البعض أن المستويات العليا من درجات التقسيم ذات قيمة نظرية أكاديمية ، بينما المستويات الدنيا منه يمكن اعتبارها ذات قيمة عملية أكثر . وهذا الاعتقاد يعتبر صحيحاً من وجهة نظر المزارع ، أما من وجهة نظر المخططين للمشاريع الزراعية والراشون للسياسات الزراعية فإن المستويات العليا من التقسيم لا تقل أهمية عملية عن المستويات الدنيا منه .

ويشبه النظام التقسيمي البيدولوجي بقية النظم التقسيمية الطبيعية الاخرى (كالتقسيم الحيواني والنباتي) في عدم إمكانيةه الاجابة على جميع المشاكل ذات العلاقة بالاستعمالات العملية للاراضي ، ولكنه يقدم للمتخصص اجابات مقنعة تمكنه من عرض النتائج وتفسيرها للآخرين في صورة تقسيمات تطبيقية ذات اغراض محددة . وعند عمل التقسيمات التطبيقية فانه لا تؤخذ بعين الاعتبار جميع خواص الارض وملاحظاتها الظاهرية بل يقتصر فقط على دراسة الخواص ذات الارتباط المباشر بالفرض الذي انشأه التقسيم التطبيقي من أجله .

ومن الضروري التنويه الى ان التقسيم البيدولوجي يجب أن يكون ذا طابع عالمي ، كي يتمكن أي متخصص في علم الاراضي من استخلاص النتائج منه ، كذلك يجب ان يكون لكل دولة تقسيم بيولوجي

محدد تعتمد ، ولا يتغير هذا التقسيم إلا اذا تقدمت المعلومات عن طريق الابحاث لتطوير النظام المعمول به ، ولذلك ينظر الى التقسيم البيدولوجي على أنه مرآة لمستوى المعلومات والمعارف في العصر الذي وضع به . وحتى الآن لا يوجد في سوريا نظام تقسمي واضح لأراضيها .

أما التقاسيم التطبيقية أو الصناعية فلا يمكن ان تكون ذات طابع عالمي ، إذ انها تعمل لتحقيق اغراض معينة ، وقد يعمل لارض واحدة هذه تقاسيم تطبيقية تختلف تبعاً للغرض الذي وضع كل منها من اجله ، فقد تصنف ارضاً معينة حسب الملوحة أو القلوية ، أو ملائمة الارض لحصول معين ، أو القدرة الانتاجية أو للاسمدة الخ وكل هذه التقاسيم هامة وضرورية .

وحصر الاراضي Soil survey يعتبر الجانب التطبيقي من التقسيم البيدولوجي ، ولا تنحصر مهمته في وضع خارطة معينة للاراضي فحسب بل تعدى مهمته ذلك ، حيث يهدف الى اغراض اكثر بكثير من الخريطة ، فهو عبارة عن دراسة الاراضي حقلياً ومخبرياً وعلى ضوء ذلك تقسم الاراضي الى وحدات متميزة يمكن تبيانها على الخريطة مع توضيح حدود كل وحدة ، وبذلك يمكن عرض النتائج المتحصل عليها من الدراسة الواسعة على شكل مجموعات تفيد في استغلال واستعمال هذه المجموعات على أسس سليمة وبطريقة اقتصادية . واقد خلصت الاهداف من حصر الاراضي بأنها تحسين وتطوير الاستغلال الزراعي .

ولقد صنفت التقاسيم المختلفة التي ترجع الى حصر الاراضي في مجموعتين كبيرتين الاولى سميت بالتقاسيم التطبيقية للاراضي Applied soil classification ، والثانية التقاسيم الاستعمالية للاراضي Land use classification .

ففي التقسيم التطبيقي للارض نتخذ أحد خواص الارض اساساً للتصنيف ، كاللوحة أو القلوية أو خالة الصرف . الخ . بينما في التقاسيم الاستعمالية للارض فان التصنيف يستند الى خواص الارض بالإضافة الى الطبوغرافيا والمناخ والنبات وكذلك المعالم الحضارية والاقتصادية للمنطقة بأجمعها .

ومن الضروري الاشارة الى أنه لا يوجد تعارض بين وجود تقسيم بييدولوجي وتقاسيم اخرى تطبيقية أو استعمالية ، بل بالعكس فان التقسيم البيدولوجي هو الاساس لأنواع التقاسيم الاخرى . ويمكن تلخيص نظم التقسيم بالتالي :

أولاً - نظم بييدولوجية . وقد سبق الكلام عنها .

ثانياً - نظم تصنيفية استعمالية وتنقسم الى قسمين :

١ - تصنيفات لغرض الاستعمالات العامة للارض .

٢ - تصنيفات تجميعية تقييمية .

ثالثاً - نظم تصنيفية تطبيقية . وهذه تنقسم الى :

١ - تصنيف لأغراض التحسين ، ويشمل التصنيفات الآتية :

- ٢ - على اساس الملوحة .
 ب - على اساس القلوية .
 ج - على اساس الصرف .
 د - على اساس درجة النمو .
 هـ - على اساس شبكة الري .
 و - على اساس مستوى الماء الارضي .

٣ - تصنيف لاغراض التسميد ، ويشمل :

- ٢ - على اساس الفوسفور .
 ب - على اساس البوتاسيوم .
 ج - على اساس الآزوت .
 د - على اساس الحموضة .
 هـ - على اساس العناصر الغذائية النادرة .

٣ - تصنيف لاغراض الميكنة . ويشمل :

- ٢ - على اساس مقاومة الاراضي لآلات الخدمة وآلات الجر .
 ب - على اساس الاصابة بالاحجار .

٤ - تصنيف على اساس القدرة الانتاجية .

٥ - تصنيف لفرض الانشاءات العمرانية .

النظم التصنيفية الاستعمالية الارضية العامة :

وعادة يتعاون المتخصص في الاراضي مع متخصصين في فروع اخرى كالاقتصاد الزراعي والمحاصيل لوضع الوحدات التصنيفية للاراضي . ويمكن الاستئناس بالمقترحات التصنيفية التالية :

أولاً - ارض منزوعة :

- ١ - المرتبة الاولى - الاراضي ذات القدرة الانتاجية العالية والملائمة الى كل المحاصيل .
 ٢ - المرتبة الثانية - الاراضي ذات القدرة الانتاجية الجيدة والملائمة للعديد من المحاصيل .
 ٣ - المرتبة الثالثة - الاراضي ذات القدرة الانتاجية المتوسطة والملائمة لبعض المحاصيل .
 ٤ - المرتبة الرابعة - الاراضي ذات القدرة الانتاجية المنخفضة والملائمة لعدد محدود من المحاصيل .

وكل من هذه الرتب يمكن ان يقسم الى تحت ربتين :

٢ - لا تحتاج الى تحسينات .

ب - تحتاج الى تحسينات .

ثانياً - اراضي غير ملائمة للزراعة وتشمل :

١ - الاراضي الصخرية .

٢ - التلال الرملية المتحركة .

٣ - المستنقعات المالحة .

٤ - الاراضي القذقة .

٥ - غير ذلك .

ولتصنيف الاراضي نجمع بيانات عن المنطقة كـكل ، كما يهتم بالخواص التالية : عمق القطع الارضي - قوام الارض - القدرة الانتاجية الحالية - مستوى الماء الارضي - ملوحة التربة - قووة التربة - ملوحة الماء الارضي - القدرة الامدادية بالمغذيات - الدبال - الصرف - الاحجار .

النظم التصنيفية التطبيقية :

ونتناول منها نموذجان فقط : لاغراض التحسين ، ولاغراض التسميد ، وفي مجال التحسين نتناول ثلاثة تصنيفات فقط هي : الملوحة - القلوية - الرشح .

أولاً - الملوحة : عند تصنيف الاراضي نمأ للملوحة لا بد من الاعتماد الى ثلاثة أدلة هي :

١ - العمق الذي تتجمع عنده الاملاح ، ويندرج تحته :

آ - الاملاح متزهرة على السطح (سولنشاك) .

ب - السطح الملحي - حيث تكون الاملاح في ٣ - ٣٠ سم من السطح .

ج - تحت السطح ملحي - حيث تكون الاملاح في عمق ٣٠ - ٧٠ سم من السطح .

د - الملوحة بعيدة عن السطح - حيث تكون الاملاح على بعد ٧٠ - ١٠٠ سم من السطح .

هـ - الملوحة بعيدة جداً عن السطح - وتتجمع الاملاح على بعد ١٠٠ - ١٥٠ سم من السطح .

و - غير مالحة : وتكون الاملاح في عمق يزيد عن ١٥٠ سم .

٢ - درجة تجمع الاملاح : وتنقسم الى المراتب الموضحة في الجدول التالي :

رتبة	% الاملاح الكلية الذائبة	درجة التوصيل (ملليموز/سم)
غير ملحية	٠ - ٠.١٥	٠ - ٤
قليلة الملوحة	٠.١٥ - ٠.٣٥	٤ - ٨
متوسطة الملوحة	٠.٣٥ - ٠.٦٥	٨ - ١٦
عالية الملوحة	< ٠.٦٥	< ١٦

٣ - نوع الاملاح :

كلوريد صوديوم

خرائط الاراضي :

ان خرائط الاراضي تمكس الصورة الحقيقية لتوزيع الاراضي في الطبيعة ، حيث تقسم هذه الاراضي الى مجموعات متشابهة توضع في الخريطة الاساسية كوحدة متميزة . وعادة يحدد حجم الوحدة بمقياس الرسم المطلوب فقد توضع السلاسل او الانواع او المجموعات الكبرى ... الخ تبعاً لمقياس الرسم .

وتوضع المعلومات عن الوحدات على خرائط تعرف باسم خرائط القاعدة أو الاساس base maps ، فقد تكون خريطة القاعدة طبوغرافية او جيولوجية ومن افضلها الخرائط الجوية .

وترسم الخريطة بمقياس رسم مناسب يتلاءم مع طريقة الحصر التي اتبعت وكذلك مع الغرض من عمل حصر الاراضي . ولقد تم الاتفاق على الخرائط التالية :

- ١ - خرائط تفصيلية detailed soil maps وهي ذات مقياس رسم كبير ١ : ٢٠٠٠ - ١ : ١٠٠٠٠ .
- ٢ - خرائط نصف تفصيلية Semi - detailed soil maps وترسم بمقياس رسم ١ : ٢٥٠٠٠ - ١ : ٥٠٠٠٠ .
- ٣ - خرائط استكشافية reconnaissance soil maps ومقياس الرسم لها ١ : ١٠٠٠٠٠ الى ١ : ٢٥٠٠٠٠ .
- ٤ - خرائط ملاحظة observation soil maps مقياس الرسم لها من ١ : ٥٠٠٠٠٠ الى ١ : ٥٠٠٠٠٠٠ .

وتجدر الاشارة الى أنه لا يمكن ايجاد خريطة تعبر عن الاستعمالات المختلفة للاراضي ، بل توجد عدة أنواع من الخرائط الارضية ، نردها بالتالي :

اولاً : خرائط بيدولوجية Pedological maps .

ثانياً : خرائط الاستعمالات العامة للاراضي General landuse maps .

ثالثاً : خرائط توضيحية خاصة Soil cartoschemes ويتبعها :

- ١ - خرائط الملوحة .
- ٢ - خرائط القلوية .
- ٣ - خرائط الانجراف .
- ٤ - خرائط السطوح المحجرة .
- ٥ - خرائط الصرف .
- ٦ - خرائط نقص الفوسفور .
- ٧ - خرائط نقص البوتاسيوم .

٨ - خرائط نقص العناصر النادرة

٩ - خرائط عمق الاراضي .

رابعا - خرائط توضيحية لاستعمالات معينة landuse cartoschemes وتشمل :

١ - خرائط الدورات الزراعية .

٢ - خرائط توضح أماكن ادخال زراعات جديدة .

٣ - خرائط تبين كميات الاسمدة اللازمة .

٤ - خرائط تبين مستوى الماء الارضي .

٥ - خرائط لاستعمال الآلات او الرش .

عمل الخرائط الارضية :

ان خريطة الاراضي تعرض توزيع الاراضي المختلفة على سطح المنطقة ، وتوجد عدة طرق لعرض توزيع الاراضي المختلفة هذه ، حيث أن اختيار أية طريقة منها يتوقف على الشخص الذي يقوم بوضع مفتاح الخريطة legend من حيث خبرته واختصاصه . وخفيقة فن مفتاح الخريطة او داليلها يرتب دائماً وفق ترتيب خاص بحيث يتمشى مع نظام التقسيم الذي اتبع في تصنيف الاراضي ، أي كما يقال ان هناك علاقة وطيدة بين الخريطة ومفتاحها ونظام التقسيم المتبع .

والخريطة الجيدة يجب أن تكون دقيقة ومطابقة تماماً لمقياس الرسم المستعمل ، ويقصد من ذلك ان تتطابق الحدود بين الانواع المختلفة على الخريطة مع مواقعها في الطبيعة ضمن خطأ محدد مسموح فيه . وبالإضافة الى دليل الخريطة ، يجب أن تحوي كذلك الرموز والمعلومات الآتية :

١ - حدود المنطقة التي درست اراضيها

٢ - حدود ادارية كالمدن والمحافظات .

٣ - رموز تشير للاستعمالات الحالية للارض : (محاصيل ، فاكهة ، غابات ، بور ، مراعي ...الخ) .

٤ - أنواع الطرق المستعملة (ترابية ، معبدة بالاسفلت ، سكك حديدية) .

٥ - الانهار وفروعها وروافدها ، وكذلك الاقنية الرئيسية والمصارف الرئيسية والبحيرات

ان وجدت .

٦ - المنشآت الهامة مثل المطارات ، المدارس .

٧ - بيان الاحداثيات كخط الطول وخط العرض .

٨ - عنوان الخريطة .

٩ - مقياس الرسم .

١٠ - اسم القائم بعملية الحصر او الهيئة المسؤولة ، وكذلك الرسام .

١١ - ذكر السنة التي اجريت فيها عملية الحصر وكذلك زمن النشر .

ومن الضروري ان ترفق كل مساحة على الخريطة بقطاع ارضي كامل كمثل توضيحي . وعند وجود اكثر من نوع من الاراضي في المساحة الواحدة فلا بد أن يوضح كل نوع منها بقطاع كامل ايضاً . والقطاع الكامل هو حفرة عمقها اما من ١٠٠ - ٢٠٠ سم او حفرة متوسطة من ٥٠ - ١٠٠ سم حسب عمق التربة . وتحدد المساحة التي تمثل بقطاع كامل حسب مقياس الرسم المطلوب من جهة أولى ، وتبماً للدرجة الارض من جهة ثانية .

والجدول (٣٦) يساعد في اعطاء فكرة عن عدد القطاعات الواجب اخذها عند عمل حصر لمنطقة ما . وبلاحظ ان لكل مقياس رسم حدان أعلى ويستخدم في حالة الاراضي جيدة الانتاجية وأدنى ويستخدم في الاراضي سيئة الانتاجية والتي تحتاج لاصلاح ما .

جدول (٣٦)

العلاقة بين المساحة التي تمثل بقطاع ارضي واحد في الطبيعة (هكتار)
والمساحة المقابلة على الخريطة (سم^٢) وبين مقياس الرسم

مقياس الرسم	المساحة في الطبيعة (هكتار)	المساحة على الخريطة (سم ^٢)
٢٠٠٠ : ١	١ - ٣	٢٥ - ٧٥
٥٠٠٠ : ١	٤ - ١٠	١٦ - ٤٠
١٠٠٠٠ : ١	١٠ - ٢٥	١٠ - ٢٥
٢٥٠٠٠ : ١	٢٥ - ٨٠	٤ - ١٢٨
٥٠٠٠٠ : ١	٥٠ - ١٥٠	٢ - ٦
١٠٠٠٠٠ : ١	٢٠٠ - ٣٠٠	٢ - ٣
٢٠٠٠٠٠ : ١	٤٠٠ - ٦٠٠	١ - ١٦٥

وواضح من الجدول ان خريطة مقياس الرسم لها ١ : ٥٠٠٠٠ تعني ان كل ٣ - ٦ سم^٢ منها يقابلها قطاع ارضي حفر في الحقل ودرس في الخبر ، بينما في خريطة اخرى مقياس الرسم فيها ١ : ٥٠٠٠ فان كل ١٦ - ٤٠ سم^٢ منها يقابلها قطاع ارضي واحد .

ويمكن توضيح مقياس الرسم على الخريطة بعدة اشكال هي :

١ - المقياس المباشر : حيث يكتب مثلاً سنتيمتر لكل كيلو متر . وهذه الطريقة على الرغم من

بساطتها ، إلا أنها تبدو معقدة اذا كان القارئ قد ألف استعمال وحدات اخرى غير الفرنسية في هذا المثال .

٢ - الكسر البياني : وفيه يكون مقياس الرسم على شكل كسر بياني مثل ١ : ١٠٠٠٠٠ وهو مقياس نسبي اي ان كل ١ سم او ١ بوصة يقابلها ١٠٠٠٠٠ سم او ١٠٠٠٠٠ بوصة . ولا تظهر بهذه الطريقة أثر الوحدات .

٣ - المقياس الخطي : وهو خط مستقيم مقسم الى وحدات قياسية متساوية . وهذه طريقة جيدة في التعبير . وفي العادة يرفق المقياس الخطي على الخريطة بمقياس كسر بياني .

وقبل ان يختم هذا الفصل لا بد من الاشارة الى ان حصر الاراضي عملية طويلة ومجهددة وتحتاج تكاليف عالية وجهوداً كبيرة ، ولا يمكن احرازها بسرعة ، ولقد بدأت المرحلة الاولى منها في القطر العربي السوري في الخمسينيات حيث أنجزت محافظة الحسكة ، وبعد ذلك تجرى عملية الحصر للمشاريع القائمة أو التي ستقوم في منطقة معينة . وعموماً تسير في القطر السوري ببطء رغم الحاجة الماسة اليها لوضع مشاريع التطوير ، وينصب الاهتمام حالياً بالدرجة الاولى على الاراضي التي يشملها التوسع الزراعي في منطقة الفرات .

الفصل الخامس

المحافظة على الاراضى

SOIL CONSERVATION

مقدمة :

تعتبر المحافظة على الارض والمعمل على زيادة خصوبتها ، واستغلالها استفلالاً صحيحاً من أهم الموضوعات التي يجب على المشتغلين في علوم الاراضى والزراعيين عموماً الاهتمام بها ، نظراً لارتباط ذلك بزيادة الانتاج ورفع الدخل القومي . وانجراف التربة Soil erosion واحدة من أهم المشاكل التي يعاني منها الفلاحون ، بل عانت منها بعض الحضارات قديماً واثرت على استمرارها . ويمكن تلخيص الاضرار الناشئة عن هذه المشكلة بالنقاط الآتية :

١ - يؤثر الانجراف في خصوبة الارض : حيث أن التربة السطحية تفقد تدريجياً ، والمعلوم أن الجزء الناعم من التربة يزاح أولاً تحت تأثير الماء الجاري وتزداد اقطار الحبيبات المنجرفة كلما زادت سرعة جريان الماء أو سرعة الرياح . ولما كان الجزء الناعم من التربة هو المصدر الرئيسي لغذاء النبات، لذا فإن عملية الانجراف تفقد التربة مصادرها الرئيسية للخصوبة ، ولقد قورن المحتوى الغذائي للمواد المحمولة بالماء الجاري والمحتوى الغذائي للتربة الاصلية فوجد أن : المادة العضوية تعادل ١٧٪ ضعف ، والآزوت ٥ أضعاف ، والفوسفور ٣١٪ ، والبوتاسيوم القابل للاستفادة ٣٧٪ ، وأن المواد الناعمة ٤ أضعاف وذلك في المواد المحمولة مما هي في التربة الاصلية .

ويضاف إلى ذلك أن عمليات الخدمة في الاراضى المعرضة للانجراف لا تفي بالاعراض المطلوبة منها، لأن طبقة الحرثة تكون هي طبقة تحت السطح باستمرار وهذه في العادة تكون أقل خصباً نظراً لضعف النشاط الحيوي فيها من جهة ، ولقلة العناصر الغذائية القابلة للاستفادة من جهة ثانية .

٢ - كما يؤثر الانجراف في مساحة الارض المزروعة ، إذ قد لا تقف عملية الانجراف عند نزع الطبقة السطحية فقط بل قد تمتد إلى كامل التربة حتى تصل إلى المهد الصخري ، ويلاحظ هذا بوضوح في كثير من المنحدرات في الجبال الساحلية حيث تبدو الطبقة الصخرية معرضة للجو مباشرة دون أن تكسوها طبقة ترابية . مما يجعل هذه المساحات غير صالحة للزراعات الاقتصادية .

٣ - وقد يمتد أثر الانجراف على الزراعات القائمة ، أي يمتد إلى النبات ، ويكون ذلك إما في المنطقة التي حدث فيها الانجراف أو في المناطق التي تعرض لسير المواد المنجرفة . فكم من اشجار قلمت نتيجة انجراف التربة من منطقة الخذور حيث يصبح التثبيت الميكانيكي لها ضعيفاً ، وكذلك اثناء انحدار الصخور الكبيرة من اعالي الجبال إلى السفوح مقتلعة الاشجار في طريقها . ولا ننسى تأثير الرمال والتربة السافية في تغطية المساحات المزروعة بالمحاصيل في البقع المتاخمة للصحاري .

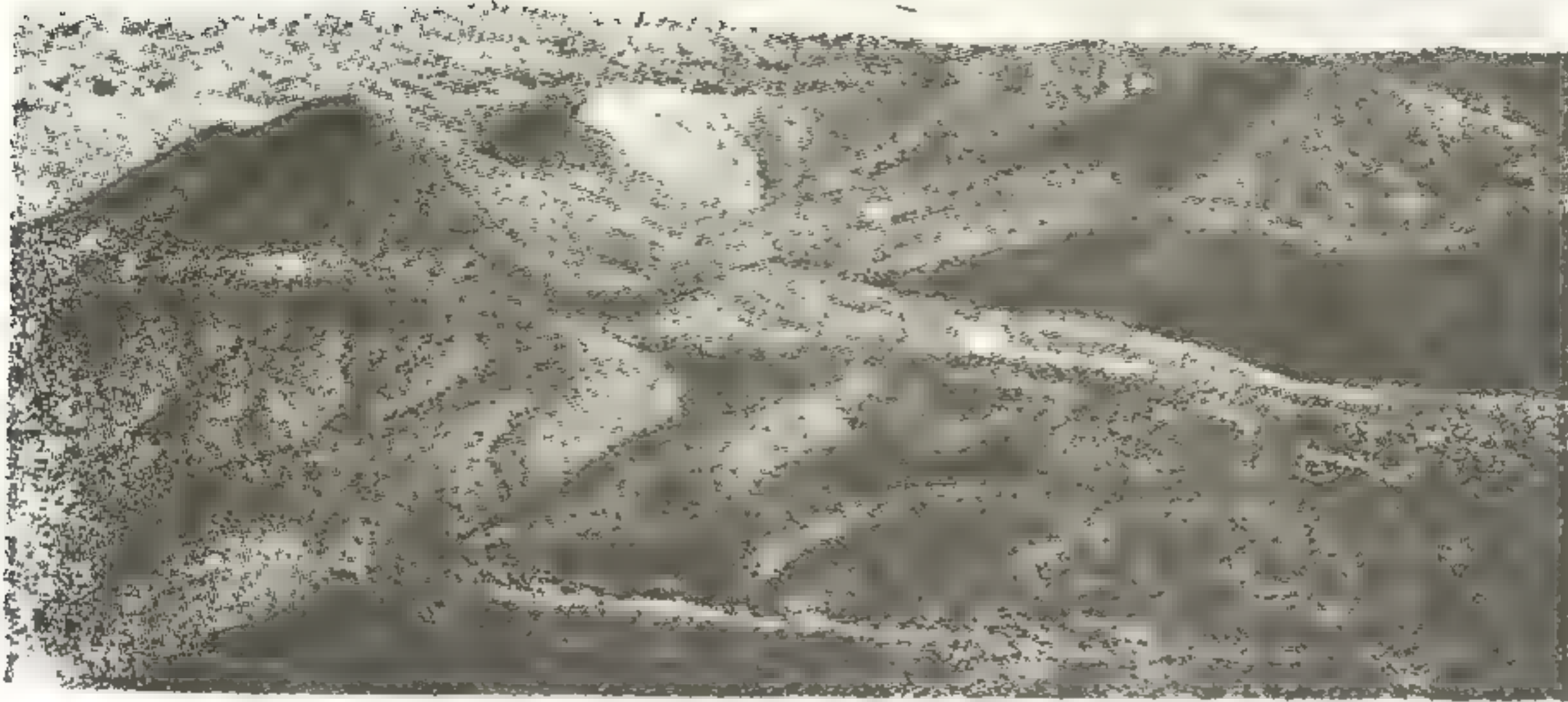
٤ - أضف إلى ذلك أن جزءاً كبيراً من مياه الامطار يضيع بالجريان Run off اذا لم تتح له فرصة اختراق الارض ثم البقاء فيها . ولقد قدر مقدار ما يفقد من مياه الامطار في بعض المناطق الرطبة بحوالي ٥٠ - ٦٠ ٪ من كمية الامطار السنوية ، ولكن في المناطق الجافة قد تنخفض النسبة عن ذلك ولما كان الماء مصدر الحياة في الارض خصوصاً في الزراعة البعلية لذا كانت المحافظة عليه والسيطرة عليه دون الجريان السطحي من الامور الهامة جداً ، ولقد أجرى Woiny في ميونيخ بالمانيا دراسة عن أثر المحافظة على الارض بالغطاء النباتي في حفظ الارض للماء ، حيث قام بتغطية جزء من الارض بغطاء نباتي وترك الجزء الآخر بدون غطاء فبين له أن الغطاء النباتي يحسن من البناء الارضي اذ زادت نسبة المسام الواسعة بمعدل ٣٤ - ٥٣ ٪ عن الارض التي لم يوضع لها عطاء نباتياً ، وهذه المسام الواسعة تزيد طبعاً من قدرة الارض على الاحتفاظ بالماء ، فضلاً عن تيسير حركة الهواء فيها .

وتقوم الرياح بدور مماثل في فقد الرطوبة من الارض حيث ان هبوب الرياح على ارض رطبة يعجل بفقد الماء منها عن طريق التبخير .

٥ - وقد يصل الضرر من انجراف الارض إلى الاعمال الصناعية في مشاريع الري والصرف ، حيث تقوم المواد المنجرفة مع الماء الجاري بتخريب مشاريع الري والصرف بتكسير القنوات وتقليل مقطع المصرف والقناة نتيجة ترسب هذه المواد فيها ، واخيراً إطماء السدود والخزانات نتيجة ترسب المواد المنجرفة فيها وبالتالي تقل سعة الخزان كثيراً .

وتعاني كثير من الدول من مشاكل الانجراف منها سوريا ولبنان وفلسطين وشمال افريقيا وكذلك الهند والصين والولايات المتحدة . ولقد أدرك الاقدمون في بعض الحضارات المتقدمة أهمية انجراف التربة فأقاموا المساطب لحفظ الارض . وفي بعض البلاد المتقدمة توجد مؤسسات خاصة تعنى بحفظ الارض من

الانجراف كأحد الموارد الطبيعية ، وعلى الرغم من أهميته في القطر العربي السوري فإنه لا توجد حالياً دائرة متخصصة للاعتناء بذلك وسنقتاول في التالي الانجراف بفعل الماء ثم بفعل الهواء .



شكل (٤٥)

منظر عام لمنطقة منجرفة بفعل المياه - الجبال عارية والاخاديد عميقة

العوامل المؤثرة في الانجراف المائي :

كان يعتقد أن انجراف التربة بفعل الماء يخضع لتأثير المياه الجارية فقط ، ولكن الدراسات الحديثة أثبتت ان تساقط قطرات المطر لها أكبر الأثر في انجراف التربة خصوصاً اذا كان سمك الماء المنطلي لسطح الأرض قليلاً حيث تستطيع القطرات المتساقطة أن تلامس التربة مباشرة ، وتؤثر في الانجراف بفعل الماء عدة عوامل يمكن ان توضح بالتالي :

١ - الامطار : يتضح تأثير الامطار في انجراف التربة اذا حددت القوة الناجمة عن سقوط المطر على سطح الأرض . وترتبط هذه القوة بأسباب ثلاثة هي : حجم قطرات المطر ، وسرعة سقوطها ، ثم كمياتها .

ولقد اجريت تجارب عديدة لمعرفة أثر هذه العوامل الثلاثة حيث استخدم المطر الصناعي ووجهت

قطراته لتؤثر في تربة موضوعة بأواني خاصة Trays وكانت اقطار قطرات هذا المطر تتراوح بين ١ - ٥ مم فوجد ان التربة قد امتصت في حالة القطرات صغيرة الحجم كمية من الماء اكبر مما هي في الكبيرة الحجم . وبلغ الفرق بينهما حوالي ٧٠ ٪ . ولقد قدرت كمية التربة المحمولة مع مياه الامطار في حالة الحبيبات كبيرة الحجم فوجد أنها تعادل ١٢٠٠ ٪ من التربة المحمولة في حالة الحبيبات الصغيرة الحجم .

ولقد أجريت دراسة اخرى قدرت فيها كمية التربة المنجرفة من الحقل تحت تأثير الامطار وتحت تأثير الماء الجاري ، فوجد ان حوالي ٥ - ١٠ ٪ فقط من التربة المنقولة يرجع لأثر الماء الجاري ، بينما ترتفع نسبة التربة المنقولة بفعل الامطار الى ٩٠ - ٩٥ ٪ . وتكن هنا الاجابة عن استفسارات الزراع ، حيث يتمجبون من فقد أراضيهم الواقعة في منحدرات والتي أجروا لها عملية تشبه الساطب Ferruses لوقايتها من الانجراف ، ولكن تأثير مياه الامطار يبقى سائداً خصوصاً اذا كانت الارض محروثة .

أما ميكانيكية تأثير قطرة المطر فيمكن تفهمه إذا علمنا ان قطرة المطر كروية الشكل ، فعندما تسقط وتصطدم بسطح الارض يزداد الضغط فجأة على بعض اجزاء الغلاف المائي فتتأثر محتويات قطرة الماء آخذة معها بعض حبيبات التربة التي كانت مرتبطة مع غيرها او كانت في صورة مفردة ولذلك تحدث عملية الاثارة في التربة وتصبح الحبيبات المنزوعة عرضة لأن يحملها تيار الماء بسهولة .

ويزداد اثر قطرة المطر خطورة اذا كانت الارض معراة من النباتات أو لا تغطيها طبقة مائية معينة ، فعند وجود طبقة مائية على سطح التربة فإنها تقلل من اثر فعل قطرة المطر في نزع الحبيبات اترابية من تجمعاتها ، ويقل تأثير الطبقة المائية كلها قل سمكها . ومن الضروري التنويه الى ان وجود الطبقة المائية على سطح الارض لا يعدم تأثير قطرة المطر الساقطة بل يقلل من تأثيرها ، وتبقى التموجات في الصفيحة المائية الناشئة عن أثر سقوط قطرات المطر والتي تحافظ على تحريك الحبيبات الناعمة وتتممها من الرسوب ، وتصبح بذلك عرضة للانجراف بفعل الماء الجاري .

ويمكن الحد من أثر قطرات المطر في تهديم بناء سطح الارض بالمحافظة على وجود غطاء نباتي في الارض ، يتحمل الاثر الميكانيكي لقطرات المطر . ولذا من الضروري في مناطق الرعي تنظيم دورة الرعي بحيث لا تترك الارض معراة من الغطاء النباتي في موسم سقوط الامطار .

٢ - الماء الجاري : يؤثر الماء الجاري في انجراف التربة باحدى الصورتين الآتيتين : الاولى عندما تكون سرعة جريان الماء من القوة بحيث تكفي لنزع حبيبات التربة من تجمعاتها ثم حملها معه الى مكان أبعد من المكان الذي انتزعت منه ، والثانية عندما تكون سرعة جريان الماء ضعيفة بحيث لا تستطيع انتزاع الحبيبات من تجمعاتها بل تقدر على الحبيبات المفردة والتجمعات الصغيرة فقط وتنقلها معه الى مكان أبعد من الذي كانت به .

٣ - الطبوغرافية : يتعلق انجراف التربة بفعل الماء الجاري بدرجة انحدار الارض بالدرجة الاولى ،

فاذا زاد الانحدار زاد مقدار الانجراف ، وعلى العكس عندما يقل الانحدار تتضاءل سرعة جريان الماء وقد يقف . فاذا تخيلنا هضبة مستوية السطح ، فان الامطار تتجمع على سطح الهضبة ثم تنتقل مع الانحدار وقد تتجمع في مجاري صغيرة تزداد ضخامة كلما انتقلت الى مسافة أبعد واكثر انحداراً .

واذا تخيلنا هضبة فاننا نلاحظ أن الاجزاء المرتفعة منها قد تتعرض لتأثير قطرات المطر فقط ، بينما الاجزاء المنخفضة منها فانها تتعرض لتأثير قطرات المطر بالإضافة إلى الغلاف المائي الذي يزداد سماكة وفعالية كلما انتقلنا من أعلى الهضبة نحو اسفلها .

د - الغطاء النباتي : يعمل الغطاء النباتي على الاقلال من فعل الانجراف ، بل ويحمي التربة منه سواء أكان الغطاء على شكل غابات أو مروج . وفي المناطق الرطبة الباردة حيث يكون الغطاء النباتي كثيفاً والخلفات العضوية عن بقايا اوراق الغابات متراكمة فانها تحمي التربة كلياً من الانجراف ، أما في المناطق الجافة ونصف الجافة حيث تكون المراعي مبعثرة فان الاراضي تكون اكثر عرضة لفعل الانجراف ، ولكنها على العموم تبقى أقل مما لو كانت الأرض خالية من الغطاء النباتي تماماً . ويلاحظ في أراضي البادية السورية أنه على الرغم من قلة الامطار السنوية إلا أن هذه الكمية القليلة تسقط على صورة زخة واحدة أو زختين في السنة ولذلك تتشكل السيول المائية وتصبح التربة بشكل معلق ترابي تأخذه المياه الجارية معه . أما بالنسبة للمحاصيل الحقلية فانها تختلف في فاعليتها في حفظ الأرض من الانجراف فبينما تعمل النجيليات كالقمح والشعير والشوفان على حفظ الأرض من الانجراف فان المحاصيل الأخرى والتي تحتاج لخدمة شديدة كالقطن مثلاً فانها تكون أقل فعالية ، بل وقد تشجع على الانجراف . ويتوقف فعل المحصولات الحقلية في الحد من الانجراف على طبيعة المجموع الجنري وكثافة المجموع الخضرى وتفرعه وكذلك فترة وجودها في التربة .

هـ - خواص الأرض : تختلف الاراضي كثيراً في قابليتها للانجراف تبعاً لخواصها ، فالاراضي المغطاة بغطاء عضوية عبر متحلة تحفظ التربة من أثر قطرات المطر الساقطة وبالتالي تقل قدرة المياه على تحطيم البناء الأرضي في الطبقة السطحية .

كذلك يلعب قوام الأرض دوراً هاماً في ذلك ، فالأراضي خشنة القوام يرشح الماء فيها بسرعة ولذلك تكون قدرة الامطار على تكوين مجاري وسيول مائية ضعيفة جداً ويكون الانجراف قليلاً ، ولكن الخطورة عند الجفاف حيث يكون تماسك حبيبات التربة ضعيفاً مما يعرضها للانجراف بفعل الرياح . وللبناء الأرضي الدور الأهم ، فاذا كانت الحبيبات من النوع النجمية الثابتة فانها اكثر مقاومة لفعل قطرات المطر من الحبيبات النجمية بالتجاذب الكهربائي . ويمكن ادراك ذلك من مقارنة كمية الامطار الكبيرة التي تهطل في المناطق الاستوائية فانها لا تؤدي لضرر كبير نظراً لأن أكاسيد الحديد والالومنيوم تقوم

يتكون حبيبات متجمعة ثابتة أي بناء أرضي متماسك ، ولو سقطت هذه الكيات من الأمطار وبنفس
الغزارة في مناطق أخرى لكنت كارثة كبيرة .

ويتصل في البناء الأرضي قدرة الأرض على نفاذ الماء ثم الاحتفاظ به ، فكما زاد ذلك قلت قدرة
الماء على جرف التربة نظراً لرشحه فيها .

أنواع الانجراف المائي :

تختلف طرز انجراف التربة بفعل المياه تبعاً للشكل الذي تأخذه المياه أثناء وجودها فوق سطح
الأرض . ولتوضيح ذلك نفرض ان هناك هضبة حديثة ذات انحدار بسيط ، فإذا تعرضت هذه الهضبة
لفعل الأمطار الساقطة فانه سيتغير شكلها الظاهري حتماً . ففي البدء تملأ المياه مسام التربة وكذلك الشقوق
والأخاديد ، وإذا زادت كمية المياه عن ذلك فانها تبدأ بالحركة مبتعدة عن سطح الهضبة ، وأثناء سيرها
تتجه نحو المناطق المنخفضة لتوجد في طريقها مجاري وأخاديد ضحلة ، لا تلبث ان تزداد عمقاً كلما زادت
سرعة جريان هذه المياه . ويزداد الأمر خطورة إذا كانت مع المياه الجارية فتات ترابية محمولة لانها أثناء
تحركها تحتك مع قيعان المجاري المائية مما يؤدي الى تفتيت صخور هذه المجاري وبالتالي تزداد قابليتها للفقد .
وفي الأراضي الزراعية تكون الصورة مماثلة للهضبة ، فان الأمطار تجمل في الأرض ما يشبه القنوات
Channelized وتبدأ صغيرة غير واضحة ، لكن لا تلبث ان تزداد عمقاً مكونة ما يشبه المجاري الكبيرة
والتي تزداد اتساعاً كلما زاد الانحدار حيث تنضم المجاري الصغيرة لبعضها البعض . إذ يلاحظ في الأراضي
المنتظمة الانحدار أن المياه تسير على شكل غطاء صفائحي Sheet بسرعة منتظمة ، فإذا زاد الانحدار زادت
سرعة الجريان . اما إذا قلت سرعة الجريان نتيجة وصول هذه المياه الى سطح متسع فان قسماً من المواد
المحمولة يرسب عند ذلك . ولقد أجرى Deacon تجربة لمعرفة أحجام الحبيبات الترابية التي يمكن لسرعة
جريان معينة حملها معه يمكن ان توضح بالجدول الآتي :

الحبيبات التي يمكن للتيار أن يحملها	سرعة تيار الماء الجاري	
	سم / ثا	كم / ساعة
ينقل الطين الناعم بصموبة	٧١٥	٠٠٢٥
ينقل الرمل الناعم	١٥	٠٠٥
ينقل الرمل الخشن	٢٠	٠٠٧٥
ينقل الحصى الناعم	٣٠	١٠١
يحرك الحجارة المستديرة ذات قطر ١ بوصة	٦٠	٢١٢
يحرك الحجارة حتى حجم البيض	٩٠	٣١٢٥

وواضح أنه كلما زادت سرعة جريان الماء كلما زادت قدرته على حمل ونقل جسيمات ذات حجم كبير. وعلى العموم يمكن ان تقسم انواع الانجراف المائي حسب تحركها في الارض الى ٤ انواع فوجز في الآتي :

١ - الانجراف بالماء المتناثر (طرشة) Sp'ach : - إذ تقوم قطرة المطر الساقطة بعد اصطدامها بالارض بانتزاع الجسيمات من تجمعات التربة ، فتحول التجمعات الكبيرة الى أصغر حجماً . ويزداد الامر خطورة ، كما بينا ، عندما تتجزأ قطرة المطر بعد اصطدامها بسطح الارض فتحمل معها الجسيمات المفردة وتساعد على الانحراف بعيداً عن الارض . ويمتبر هذا النوع من الانجراف المائي من اكثر الانواع اهمية وخطورة .



شكل (٤٦)

انجراف التربة بطريقة الاخاديد نتيجة السيول وتكوين المجاري المائية في المنخفضات

٢ - الانجراف الصفائحي Sheet : وفيه يسيل الماء فوق سطح الارض على شكل غطاء مائي يكاد يكون متماثل السمك ، ويستدعي الانجراف الصفائحي أرضاً ناعمة منتظمة الانحدار التدريجي وليس بها قنوات سطحية .

ولقد وجد ان الانجراف بهذه الطريقة يكاد يكون متماثلاً في السمك من كامل سطح الارض ،

وبكوت بطيئاً عادة ولا يدرك بالعين المجردة بل يحتاج لقياسات محددة . ويحدث الانجراف الصفائحي عندما تكون سرعة سقوط المطر أعلى من قدرة الأرض على النفاذية فيتراكم الماء على سطح الأرض ثم يبدأ بالجريان نحو المناطق المنخفضة .

٣ - الانجراف بالاخاديد الصغيرة rills : عندما تسقط الامطار على ارض منتظمة الانحدار ومتدرجة فيه ، فأول ما يتلىء بالماء الفجوات أو الاخدود الصغيرة الموجودة في التربة ومع زيادة الماء يبدأ في الجريان ليفيض على جوانب هذه الفجوات والاخدود مسبباً نحر هذه المجاري من أسفل وعلى الجانبين ، ثم تتجمع هذه الاخدود الصغيرة في شكل أخاديد أكبر ولكنها غير عميقة Trenches أطلق عليها اسم rills . وتحدث هذه الطريقة من الانجراف عادة جنباً الى جنب مع الانجراف الصفائحي ولذلك يعرف باسم Sheet - rill erosion .

٤ - الانجراف الإخدودي Gully : يلاحظ في الأراضي انه مهما كان الانحدار فيها منتظماً فلا بد من وجود بعض التباين فيه ، ولذلك فإن الماء الموجود في الاخدود الصغيرة يتجه نحو الانحدارات الأكبر ، وتزداد سرعة جريان الماء فيصبح كالسيل جارفاً معه حبيبات كبيرة الحجم واحجاراً ، ويزداد الامر خطورة عندما تصطدم المواد المحمولة بالأراضي والصخور فتكسرها من الاحتكاك الميكانيكي وتصبح الأرض الجديدة أكثر قابلية للحمل مع الماء الجاري فتقلها وتلفها . ويلاحظ تلف احياناً فور الانتهاء من السيل .

ويحدث هذا عادة في أحد الحالات الآتية :

- أ - النحر الناتج عن مساقط المياه Watershed .
- ب - النحر الناتج عن القنوات الجارية Gullies
- ج - النحر الناتج عن الثلجات عند انصهارها المفاجيء

ولقد اتفق على تقسيم الاخدود gullies حسب حجمها الى الاقسام الآتية :

- أ - صغيرة وهذه لا يزيد عمقها عن ١ م
- ب - متوسطة وهذه يتراوح عمقها بين ١ - ٥ م .
- ح - كبيرة وهذه يزيد عمقها عن ٥ م .

طرق التملب على الانجراف المائي

لما كان لانجراف التربة بفعل الماء يؤدي لخسارة كبيرة وجب العمل على المحافظة على التربة ومنعها من الانجراف وذلك لتوفير الماء الضائع ، وحفظ سطح الأرض من الانجراف ، وحماية الأراضي

الواقعة في المنخفضات من تغطيتها بالمواد الساقطة من الأماكن المرتفعة ، والحيلولة دون اطماء السدود والخزانات وقنوات الري بالمواد المنقولة . أضف إلى ذلك المحافظة على المواد العضوية والمغذيات والاسمدة من الضياع .

من أجل كل ذلك يجب العمل على التدخل لحفظ التربة وعدم تعرضها للانجراف . ولقد حاول الزراع منذ القديم التدخل للاطاة ذلك ، كما يجب عليهم اليوم حماية أراضيهم ، ولقد جمعت النظريات الأساسية في حفظ التربة بالنقاط الاربعة التالية :

- ١ - منع سطح الارض من التعرض المباشر لقطرات المطر الساقطة .
 - ٢ - الحيلولة دون تجمع الماء وجريانه نحو المنحدرات فتزداد قدرته على حفر الاخاديد .
 - ٣ - تقليل سرعة حركة الماء الجارى على المنحدرات فتقل قدرته على حمل التربة .
 - ٤ - تشجيع حركة الماء الى داخل التربة في القطاع الارضي بدلاً من جريانه على السطح .
- واستناداً الى هذه النقاط وضمت عدة طرق لحفظ الارض يمكن ان فوجزها بالتالي :

١ - الغطاء النباتي : يقوم الغطاء النباتي بمنع التلامس المباشر بين قطرات المطر وسطح الارض فيقل الفعل الميكانيكي للقطرات الساقطة . وتختار عادة النباتات المتشعبة كثيفة النمو الخضرى كالأعشاب الطويلة أو القصيرة ، أو محاصيل الحقل المادبة بحيث لا تكون من النوع ذات الاوراق المتباعدة كالقطن والنرة بل متشابكة لتؤدي الغرض المطلوب منها .

وإذا تعذر في الاراضي الزراعية وجود محصول في الارض في موسم الامطار فيمكن المحافظة على التربة بابقاء بقايا حصاد المحصول السابق لأنه سيخفف من تلامس التربة بقطرات الماء . وفي أراضي المراعي ينظم الرعي بحيث تبقى الاعشاب الطويلة منطبقة المنحدرات إلى ما بعد موسم الامطار وذلك لحماية الارض ، كما ان الارض يجب ألا ترعى كل عام في المراعي الطبيعية بل تنظم بحيث يحافظ على المرعى من التدهور والانقراض فيتعرض سطح التربة الى الانجراف ، كما حدث في كثير من أراضي البادية السورية .

٢ - عمليات الخدمة : ويقصد به حراثة الارض ، إذ وجد أن الحراثة الكونتورية Contour tillage تقلل من الجريان السطحي الماء بل توجهه نحو الخطوط قبل ان يتحرك لأسفل نحو المنحدرات ، وبالتالي تزداد الكمية الداخلة في باطن الارض مما يقلل من الانجراف ، ويقصد بالحراث الكونتورية هو أن تجري الحراثة مع خطوط التسوية أي بشكل عمودي على انحدار الارض ، ومن الخطأ الشديد حراثة الارض بشكل يمشى مع اتجاه الانحدار لأن هذا سيسرع من جريان الماء في المنحدرات وبالتالي تزداد قدرته على جرف التربة من الاخاديد .

ولقد وجد أن طريقة الحراثة الكونتورية تعتبر مفيدة اذا كان الانحدار قليلاً وبسيطاً ، أما إذا كان الانحدار كبيراً نوعاً فإن الخطوط الافقية الناتجة عن الحراثة تعتبر غير كافية . وفي هذه الحالة يلجأ بعض المزارعين الى علاج ذلك باتباع أسلوب الزراعة في شرائح Strip Cropping إذ يقسم المنحدر الى



شكل (٤٧)

حفظ الارض بطريقة الحراثة الكونتورية

شرائح افقية أي في اتجاه خطوط التسوية ، هذه الشرائح الافقية تزرع بالمحاصيل بطريقة التبادل حيث تزرع شريحة بالمحصول المخصص وتترك الشريحة التالية مغطاة بحشائش واعشاب كمراعي طبيعية وهكذا بالتبادل حتى يغطي كامل المنحدر ، والفكرة من ذلك ان مياه الامطار الساقطة على المنحدر الشديد ستجرف معها من الشريحة المزروعة بالمحصول بعض العطين والملت ، وعند مرور هذه المياه في الشريحة التالية (المغطاة بالمراعي أو ما شابه ذلك) تقل سرعة جريان الماء وبالتالي ترسب المواد المحمولة من الشريحة السابقة . ولقد وجد أن عرض الشرائح المتروكة بالمراعي يتوقف بالدرجة الرئيسية على مقدار انحدار الارض فكلما زادت درجة الانحدار يجب زيادة عرض الشريحة المتروكة وذلك لأنه بزيادة الانحدار تزداد القدرة على الانجراف ، وبالتالي لتلافي ذلك يجب زيادة عرض الشريحة المتروكة للرعي . وتشير الدراسات الى أن الحد الأدنى الملائم لكل انحدار كي يتخلص من المواد العالقة بالماء الجاري يمكن توضيحه بالجدول الآتي :

الانحدار (%) عرض الشريحة المتروكة للرعي (م)

٧٦٢٠	٣ - ٠.٠
١٠٦٨	٦ - ٣
١٨٦٠ - ١٤٦٤	أكبر من ٦

والجدير بالذكر أن شرائح الرعي الواقعة في أعلى المنحدر تكون أكثر فعالية من الشرائح الواقعة في أسفله ، وذلك لزيادة سرعة جريان الماء عند انتقاله من أعلى إلى أسفل حيث تتسارع المياه ، وكذلك لزيادة كمية المياه في أسفل المنحدر عن أعلاه .

أما عرض الشرائح التي تترك لزراعة المحاصيل فتتوقف أيضاً على انحدار الأرض : والجدول الآتي يوضح أقصى عرض لشرائح الزراعة عند انحدار معين :

الانحدار (%) العرض الأقصى لشرائح الزراعة (م)

٤٣٦٢	١ - ٠.٠
٣٢٦٤ - ٢٨٦٨	٣ - ١
٢١٦٦	٦ - ٣
١٨٦٠ - ١٤٦٤	٦ <



شكل (٤٨)

حفظ الأرض بطريقة المساطب حيث ميل الأرض ٢٠٪

٣ - إقامة المساطب (الشرفات) : - وتستخدم عادة في الأراضي شديدة الانحدار حيث لا تجدي الحراثة الكونتورية أو طريقة الترسيع في حفظ الأرض من الانحدار . وفرض من إقامة المساطب هو تقليل الانحدار فتزداد كمية المياه داخل التربة ويقل فقد المياه على جرف التربة من على المنحدرات . وتوجد في العالم أشكال عدة للمساطب لعل من أشهرها الشكلين التاليين :

آ - مساطب مستوية (وتسمى سلمية) : وقد أقيمت منذ قديم الزمان ، وتصبح الأرض مدرجة بما يشبه السلم ، حيث تقام جوانب حجرية أو ترابية في اتجاه أفقي وتسمى الأرض بسد ذلك بشكل مستوي وأفقي تقريباً ، والجوانب على الجوانب الترابية من السد تتجرف مع مياه الأمطار تقوى بزراعتها



شكل (٤٩)

حفظ التربة بطريقة المساطب . العليا مثبت جوانب المسطبة بالحجارة
والسفل بنبات دائمة

بأعشاب متماسكة كثيفة . والمساطب المستوية مفيدة في المناطق نصف الجافة والجافة حيث تتيح الفرصة لجميع الماء بالرشح داخل التربة دون أن يجري على السطح ، وهذا هام في مثل هذه المناطق نظراً لندرة الماء .

ب - مساطب منحدر (مائلة) : وتشبه المساطب المستوية إلا أن بها ميلاً بسيطاً . وتعتبر هذه المساطب جيدة في المناطق المطيرة ، حيث أن هذا الميل البسيط يمنع تراكم المياه الكثيرة في الأرض فتعيق



شكل (٥٠)

العليا - حفظ الأرض بطريقة المساطب . السفلى - الاستفادة من مجاري المياه بعمل خزانات صغيرة

الحراثة وكذلك تقل التهوية ، وبالتالي فإن الماء الساقط ينصرف من الأرض دون أن تكون له فرصة جرف المواد الترابية منها .

والامر الهام في طريقة المساطب هو كيفية التخلص من المياه الزائدة ، ويعتمد البعض إلى إقامة

أقنية لصرف الماء خصوصاً في المناطق الرطبة أو في التربة ذات النفاذية القليلة ، ونكون القناة في الجهة المقابلة للحاجز أي في قاعدة المسطبة حيث تتلقى الماء الفائض من المسطبة التي تعلوها وتتصل القنوات الأفقية للمساطب المختلفة في مجرى ينشأ خصيصاً لذلك لتخلص من الماء الفائض خارج المنحدر . وعادة تقوى القنوات ببعض الأعشاب الكثيفة والتمسكة بالحيولة دون أن تنجرف وتهدم حواف هذه الأقنية .

ويتوقف عرض المسطبة على درجة الانحدار فتكون متقاربة في الأرض المنحدرة ، وعلى العكس في الأرض ضعيفة الانحدار .

٤- السدود والخزانات الصغيرة Barriers : إذا فرضنا أن كمية من الأمطار هطلت خلال زخة واحدة بمعدل ١٠٠ مم فإن هذا يعادل حجماً قدره ١٠٠٠ م^٣ ماء للمكتار فإذا تصورنا أن الأرض شديدة الانحدار معنى ذلك أن غالبية هذا الماء سيسيل على سطح الأرض متوجهاً نحو مجاري مائية ضيقة مما يزيد كثيراً من فعل الأخاديد الموجودة في الأرض فيزداد الانجراف وتعمق هذه الأخاديد وتتسع . ومن الممكن الحد من أثر هذه الأخاديد إذا زرعت بأعشاب كثيفة أو بأشجار متقاربة وذلك للحد من سرعة جريان هذا الماء . والأفضل منه إذا كانت طبيعة التربة تسمح بذلك إقامة سدود صغيرة ترابية أو خرسانية أو حجرية ، حيث ترسب معظم المواد المنقولة مع المياه أمام السد . وإقامة هذه السدود هام جداً خصوصاً في المناطق الجافة ونصف الجافة حيث أنه فضلاً من حفظ الأرض من الفقد بالانجراف فلهما تتيح الفرصة للاستفادة من مياه الأمطار بعد تخزينها . ومشكلة هذه السدود أن تكاليفها قد تكون أعلى من مردود المتوقع منها ، وفي هذه الحالة تكون غير اقتصادية .

العوامل المؤثرة في الانجراف الهوائي

يمجز الهواء عن تعرية الأرض المبتلة أو المنداة بالرطوبة ، أي على عكس الماء ، كما يمجز كل من الماء والهواء عن تعرية الأرض المغطاة بالنباتات . أي أن الأراضي المبتلة أو المغطاة بالنباتات لا تذروها الرياح . إلا أن هذه الرطوبة ستفقد من الأرض بالتبخر ، وتزداد سرعة الفقد كلما كانت الرياح جافة وساخنة .

ويتأثر سقي التربة بفعل الرياح بعدة عوامل يمكن أن توجز بالتالي :

١ - حالة الرطوبة في سطح التربة : فعندما تنخفض نسبة الرطوبة في التربة إلى ما دون معامل الذبول يبدأ تأثير الرياح في سقي التربة عند ذلك .

٢ - سرعة الرياح : إذ كلما زادت سرعة الرياح كلما زادت قابليتها لالتقاط الحبيبات من التربة وحملها بعيداً . كذلك فإن لاضطراب حركة الرياح دوراً هاماً في سقي التربة ، إذ يبدو أن حركة الرياح لا تكون في مسار منتظم بل يتغير كثيراً ، وبالتالي تهبط الحبيبات المحمولة بالهواء إلى سطح الأرض لتتصادم حبيبات أخرى وتفككها وتجعلها قابلة للحمل أيضاً .

٣ - حالة سطح الارض : تكون الرياح عديمة الفعالية إذا كانت الارض مغطاة بالنباتات الكثيفة. ويقل مفعول الرياح كثيراً إذ غطيت الارض ببقايا النباتات أو ما شابه ذلك. ويمكن أيضاً الاقلال من تأثير الرياح بالمحافظة على سطح الارض في صورة خشنة ، ويمكن الوصول الى ذلك باتباع وسائل الخدمة الملائمة التي تترك كتلاً كبيرة في الارض .

٤ - خصائص الارض : ويقصد بها الخواص الفيزيائية ذات العلاقة بالانحراف الهوائي مثل وجود قشرة ارضية على السطح تعوق انتقال الحبيبات بفعل الرياح وقد نصل لمثل هذه القشرة بعد ابتلال الارض ثم جفافها . كذلك وجود التجمعات البنائية الثابتة ، ثم حجم الحبيبات الارضية ، ولقد وجد ان أكثر الحبيبات قابلية للانحراف الهوائي هي التي تبلغ أقطارها حوالي ٠.١ مم . بينما تقل قدرة الحبيبات على الانحراف اذا كانت اكبر أو اصغر من ذلك .

انواع الانحراف الهوائي :

تفقد بعض المواد من التربة بتأثير الرياح وفقاً لعمليتين : فصل الحبيبات ثم نقلها . وتزداد قابلية الحبيبات للانفصال من التربة كلما كانت الرياح محملة بكمية كبيرة من الحبيبات الترابية ، إذ يؤدي اصطدام الحبيبات المحمولة والسريعة الحركة بمجمعات التربة الى فصل حبيبات أخرى تصبح بدورها قابلة للحركة .

ولقد وجد ان الحبيبات المنقولة تتحرك وتنتقل بواحد من الاشكال الآتية :

١ - الوب (القفز) Saltation : تتحرك الرياح الى الامام ليس بشكل خط مستقيم بل في اتجاه منزلي الشكل Spinning مشابهاً لحد كبير شكل القمع ، وعادة تكون حركة الرياح على صورة نفحات قوية مفاجئة ومتتالية . وتسلك الحبيبة المنقولة بالرياح المنزلية الحركة سلوكاً أشبه ما يكون بالوب أثناء انتقالها ، حيث ترتفع الحبيبة الى أعلى نتيجة نفحة هوائية قوية ثم تسقط على الارض لترتفع ثانية بعمود هواء جديد منزلي الشكل ناتجاً عن نفحة جديدة تهب ثانية ، وهكذا تتكرر هذه الظاهرة باستمرار .

ولقد وجد أن الارتفاع الذي تصل اليه الحبيبة المنقولة ، والمساحة التي تقطعها في القفزة الواحدة متوقف على مقدار الحركة المنزلية التي تعرض لها الحبيبة وكذلك على قوة الرياح ، ولقد وجد ان الحبيبة ترتفع الى حوالي ٣٠ سم فقط إلا ما ندر ، وأنها تتحرك في المتوسط ٢٠٠ - ١٠٠٠ مرة في الثانية الواحدة .

وسقوط الحبيبة منزلية الحركة يؤدي الى زيادة تأثيرها في التربة من حيث انتزاع حبيبات متماسكة في جمعات التربة ، والحركة الدورانية التي تسير بها الرياح احياناً تؤدي الى نزع هذه الحبيبات من التربة ونقلها بعيداً عن سطح الارض .

٢ - الزحف Creep : قد يعجز تيار الهواء من رفع حبيبة التربة إما لضعف الرياح أو لكبر

حجم الحبيبة فـتـزحف الحبيبات على سطح الارض متحركة للامام ، وقد تصدم حبيبات اخرى اندفعا وتؤثر بها .

ولقد وجد أن الرياح تعجز عن حمل الحبيبات اذا قلت سرعتها عن ١٣ - ١٤ كم في الساعة في الطبقة الملاصقة لسطح التربة .

٣ - النقل على شكل معلق 'Suspension' : حيث تتحرك حبيبات التربة من حجم الرمل الناعم او أقل صاعدة في الهواء على شكل معلق فيه ، وتبقى عادة معلقة في الهواء متنقلة فيه ولا تعود الى الارض الا اذا سكنت الرياح أو هطلت الامطار .

ويعتبر فقد التربة بفعل الرياح خسارة كبيرة للارض نظراً لفقد المغذيات منها بالدرجة الرئيسية .

طرق التغلب على الانجراف الهوائي :

تعرض الارض العارية لفعل الرياح وفي ذلك خسارة كبيرة ، ويمكن الحد من ذلك باتباع عدة وسائل توضح بالتالي :

١ - اقامة العوائق والاسيجة : والغرض من ذلك تقليل سرعة الرياح قرب سطح الارض ، ومن الضروري أن تكون مصدات الرياح متجاورة ومتلاصقة لمنع الهواء من المرور بينها ، ويقترح ان تختار مصدات الرياح من الاشجار الطويلة ، اذ تقدر المسافة بين شريطين من مصدات الرياح بخمسة أمثال ارتفاع السياج نفسه في المتوسط .

٢ - الزراعة والمخلفات النباتية : ان وجود غطاء نباتي في الارض يحميها من فعل الرياح . فاذا كانت الارض واقعة في منطقة معرضة للرياح تختار دورة زراعية بحيث تكون الارض منقطعة بالنباتات في موسم هبوب الرياح ، أو قد يتبع نظام تحميل المحاصيل مثلاً . واذا تضر ذلك فيمكن الابقاء على مخلفات المحصول السابق لحماية سطح الارض من التأثير بفعل الرياح .

٣ - عمليات الخدمة : لوحظ ان الاراضي الطينية ثقيلة القوام لا تتعرض لفعل الانجراف بالرياح، بينما تتعرض الاراضي الرملية ضعيفة البناء الى الانجراف الشديد ، ولذلك يقترح ألا تقام عمليات مجهدة في الاراضي الرملية كحرث الارض بشدة وترحيفها ، بل يستحسن دائماً في مناطق هبوب الرياح للمحافظة على التربة اتباع وسائل الخدمة التي تجعل البناء متكتلاً لعاقة فعل الرياح في جرف التربة .

ويمكن عند زراعة القمح او غيره من المحاصيل المشابهة في مناطق تتعرض لفعل الرياح ان تستخدم البذارة وأمامها المحراث القرصي ، حيث تحرث الارض ويوضع البذار مباشرة ، وبذلك تقوم البادرات بدور الغطاء النباتي الملائم خلال فترة قريبة .

كذلك فإن استخدام طريقة الخطوط في الزراعة في مناطق التأثر بالرياح أفضل من غيرها من الطرق ، وبشروط هنا أن يكون اتجاه التخطيط متعامداً مع الاتجاه الطبيعي لمبوب الرياح ، حيث تقوم الخطوط بالحد من الأثر الكانس للرياح في التربة .

٤ - حفظ الرطوبة : ان عمليات حفظ الرطوبة في الارض خصوصاً في الطبقة السطحية ، من النقاط الهامة التي تحد من أثر الرياح في جرف التربة . ولقد وجد أن الارض البور تتعرض لفعل السفى بالرياح بقوة خصوصاً اذا كانت رملية .

وختاماً يمكن القول ان عمليات التعمية بالرياح يمكن ان تحدث حق في الاراضي الطينية او السلتية ، واذا لم تتدارك بعوامل تحد من تأثير الانجراف بالرياح فإن خسارة مستمرة في سطح التربة تأخذ دورها مع فقد المغذيات اللازمة للنباتات .



الباب الخامس

خصوبة الاراضي والاسمدة

وبشمـل :

الفصل الاول : خصوبة الاراضي وتنذية النبات

الفصل الثاني : الاسمدة والتسميد

الفصل الأول

خصوبة الاراضي وتغذية النبات

يتوقف نجاح أي عملية زراعية على غو المحصول الناتج ويعرف النمو بانه المجموع الكلي لتقدم النبات ككل ، ويمكن التعبير عن ذلك بالوزن الجاف او الارتقاع او المرض او قطر النبات او أي جزء منه ، كما يمكن التعبير عنه بالمحصول ممثلا للنتاج ...

والعوامل التي تؤثر على النمو تقسم الى قسمين : عوامل بيئية وفي تجمع الظروف الخارجية التي تؤثر في حياة وتقدم النبات وهي : الرطوبة ، والحرارة ، والحالة الغازية في الارض والجو ، وعوامل بيولوجية ، وامداد العناصر الغذائية المعدنية . واقسم الثاني : عوامل وراثية تؤثر في نمو النبات كاستعمال سلالات جيدة أو أصناف جديدة ذات صفات ثابتة ، وهذه لا تعيننا بقدر العوامل البيئية .

وخصوبة الاراضي اصطلاح يشير الى محتوياتها من عناصر غذاء النبات التي ستصبح قابلة للاستفادة خلال موسم النمو ، وهي احد العوامل التي تؤثر في الانتاج . وانتاج الارض يشير حقيقة الى قدرة الارض على انتاج المحصول ، ولذا يمكن القول بأن انتاج الارض يرتبط بخصوبتها عند وجود العوامل الاخرى في المستوى اللائم ، أما إذا كان هناك عامل آخر او أكثر من عوامل الانتاج تؤثر مع خصوبة الارض، فان الانتاج في هذه الحالة لا يرتبط بالخصوبة فقط ، بل بغيرها من العوامل بالإضافة الى الخصوبة، أي ان الارض الخصبة لا يلزم ان تكون منتجة ، بينما الارض المنتجة يجب ان تكون خصبة.

العناصر الاساسية في غذاء النبات :

تحتاج النباتات الخضراء في تغذيتها الى خمسة عشر عنصراً غذائياً تقسم الى مجموعتين : عناصر تحتاجها النباتات بنسبة كبيرة وهي : الكربون والايديروجين والاكسجين والآزوت والفوسفور

والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم والكبريت والحديد ، وتعرف باسم العناصر الكبرى Macro elements . وعناصر تحتاجها النباتات بنسبة صغيرة وهي الميغنيز والبورون والزنك والحاس والمولبدنيوم ، وتعرف باسم العناصر القليلة أو الصغرى Micro elements كما يطلق عليها اسم العناصر النادرة Trace elements .

وتحتوي النباتات الخضراء على الصوديوم واليوسود وهي ضرورة للحيسوان وليست ضرورة للنباتات . ويوجد السليكون والالومنيوم في النباتات ولكن وظائفها غير معروفة .

ويعتبر العنصر الغذائي اساسياً للنبات اذا تسبب عن نقصه عدم امكان النبات استكمال نموه الخضري او الثمري او بمعنى آخر دورة حياته ، ولا يمكن تدارك اعراض نقصه الا بامداد من هذا العنصر .

وللحكم على ضرورة عنصر للنباتات يجب ان يكون لهذا العنصر واحد او اكثر او جميع الخصائص التالية :

- ١ - يدخل العنصر في تركيب مادة تبلغ نسبة جيدة في عدد كبير من النباتات .
- ٢ - يساعد العنصر في تكون مادة معينة ، دون ان يدخل في تركيبها وذلك في عدد كبير من النباتات .
- ٣ - يساعد العنصر في قيام النبات بعملية او اكثر من العمليات الحيوية المختلفة في عدد كبير من النباتات .
- ٤ - يؤدي غياب العنصر من الوسط الغذائي او قلة كميته الى ظهور اعراض النمو غير الطبيعية او الى خلل في العمليات الحيوية .
- ٥ - لا يمكن استبدال هذا العنصر استبدالاً كاملاً بعنصر آخر كي يقوم بوظيفة العنصر الاول في عدد كبير من النباتات ، فالصوديوم مثلاً قد يستطيع ان يحل محل جزء من البوتاسيوم اللازم للنمو الا ان استبدال البوتاسيوم كلية بالصوديوم يؤدي الى موت النبات ولذلك لا يمكن اعتبار الصوديوم عنصر مغذي ضروري .

ويمكن تقسيم العناصر من حيث احتياج النبات اليها الى المجموعات الآتية :

أ - عناصر تدخل في تركيب المواد المضيوية مثل الكربوهيدرات والبروتينات والكلوروفيل وغيرها ، وهي عناصر لازمة لا يمكن ان تتكون الخلايا والانسجة في غير وجودها . وتضم هذه المجموعة من العناصر : الكربون والاكسجين والهيدروجين والازوت والموسفور والكبريت والمغنيسيوم .

ب - عناصر لا تدخل في تركيب المواد المضيوية ولكنها لازمة لانجام العمليات الحيوية ، ويحتاج النبات اليها بكميات كبيرة نسبياً ، ويتوقف المحصول الناتج من النباتات على مدى توفرها في الارض ، ويتناسب طردياً مع مقدارها الى حد معين مثل البوتاسيوم .

ج - عناصر تعمل كموامل مساعدة للتفاعلات الكيماوية التي تدور في خلايا النبات كتفاعلات التمثيل والهدم فيه . وتضم هذه المجموعة عناصر الحديد والمنجنيز والموليبدنيوم .

د - عناصر تعمل متعاونة او متممة لوظائف عناصر اخرى كما يتعاون الصوديوم مع البوتاسيوم ، والكالسيوم مع المغنيسيوم .

هـ - عناصر ليس لها اهمية عامة لجميع النباتات . ولكنها قد تكون ضرورية لبعض النباتات مثل الكلور والصوديوم .

و - عناصر الفصيلة الصغرى Trace or micro elements وهذه لها علاقة بصحة النبات وتؤثر في نموه ومحصوله ، كما تؤثر عليه من ناحية مقاومته لبعض الامراض ، وتضم البورون والنحاس والزنك .
ز - عناصر توجد في النباتات بصفة عامة ولا يعرف لها تأثير معين وهي السليكون والالومنيوم .

العناصر الغذائية في التربة :

تحصل النباتات على معظم الكربون والأكسجين اللازمين لها عن طريق الهواء الجوي مباشرة وذلك أثناء القيام بعملية التمثيل الضوئي ، كما تحصل على الهيدروجين من الماء وذلك بصورة مباشرة أو غير مباشرة ، أما بقية العناصر فإن النباتات تأخذ حاجتها منها من التربة .

ولقد وجد ان العناصر الكبرى تؤثر كمياتها في التربة على نمو النبات ، فإذا كانت الكمية التي يتصلها النبات من هذه العناصر قليلة لا تفي بمتطلباته ، كانت تكون كميتها في التربة قليلة ، أو قد النبات يبطئ شديد أو كانت كمياتها غير متوازنة مع العناصر الاخرى ، فإن النبات يعاني نقصاً في النمو وضعفاً في الانتاج عند ذلك . وتعتبر عناصر الآزوت والفوسفور والبوتاسيوم من العناصر التي تحتاجها النباتات بكميات كبيرة لا تتوفر في التربة عادة ، ولذلك تقدم للتربة بإضافتها على صورة أسمدة كيماوية أو عضوية . أما بقية العناصر الكبرى فإنها في العادة توجد بكميات كافية لحاجة النبات إلا في الحالات الخاصة ، وعندئذ تضاف للتربة بأشكال متعددة . فالكالسيوم مثلاً قد تظهر اعراض نقصه في الاراضي شديدة الحمضية وعند ذلك يضاف على شكل جير أو صخر دولوميت ، والكبريت يضاف للتربة عن طريق الاسمدة العضوية أو السوبرفوسفات أو سلفات الامونيوم .

أما العناصر الصغرى أو النادرة فهي لا تقل اهمية عن العناصر الكبرى ، ورغم ان الكميات التي يأخذها النبات من هذه العناصر قليلة نسبياً إلا انها ذات اهمية في انتاج المحاصيل . وفي العادة فإن الاراضي تحتوي هذه العناصر بكميات كافية للنباتات . الا ان الامتصاص المستمر من هذه العناصر قد يجعل المحتوى الترابي منها قليلاً . وأكثر ما يكون نقص العناصر النادرة وضوحاً في الاراضي الرملية والاراضي العضوية وكذلك الاراضي شديدة القاعدية حيث تكون هذه العناصر في اشكال غير قابلة للاستفادة

النبات منها . والجدير بالذكر أنه عند رفع تركيز العناصر الصغرى في التربة نتيجة الظروف الحامضية مثلا فإن هذه التركيزات العالية تصبح سامة للنبات وقد تميته .

أما عن الصور التي توجد عليها العناصر في التربة ، فأنها في الغاءة تكون في احدى حالتين : مركبات معقدة لا تستطيع النباتات الاستفادة منها نظراً لعدم او قلة ذوبانها في المحلول الارضي ، ومركبات بسيطة تكون في الغاءة قليلة الذوبان في المحلول وبالتالي تمتصها النباتات . ومن الضروري ان تتحول الاشكال المعقدة لبعض العناصر الى صور بسيطة كي تستفيد النباتات من عناصرها ويتم التحول من الشكل المعقد الى البسيط نتيجة للعمليات الكيميائية الحيوية ، واهياناً في الظروف غير الملائمة قد تتحول العناصر من الاشكال البسيطة الى صور معقدة كما في تحول الآزوت النترات الى روتينات عضوية في اجسام خلايا الكائنات الحية الدقيقة في الظروف التي يكون المحتوى الآزوتي في المادة العضوية غير المتحللة قليلاً ، وكذلك تتحول فوسفات أحادي الكالسيوم في السورفوسفات الى فوسفات ثنائي وثلاثي الكالسيوم نتيجة تفاعلها مع مركبات الكالسيوم في التربة .

ولقد اوضحنا في الفصل الثاني من الباب الاول مصادر العناصر الغذائية في التربة ويمكن الرجوع اليها . والواقع ان معرفة الكمية الكلية لعنصر الغذائي في التربة لا تدبر دليلاً على معرفة الكمية التي سيأخذها النبات منها ، لأنه غالباً ما يكون العنصر في صورة غير قابلة للافاة من قبل النبات بل لا بد من معرفة كمية العنصر القابلة للاستفادة من قبل النبات في التربة الوجوده فعلاً ، او التي ستصبح قابلة للاستفادة اثناء نمو النبات .

ويمكن للنبات ان يمتص بعض هذه العناصر في صورة كاتيونات ، وابعض الآخر في صورة انيونات وقد يمتص في صورة جزيئات كاملة . فلآزوت في صورة امونيوم احياناً ، والكالسيوم والمغنيسيوم والبوتاسيوم والنحاس والحديد (حديدوز وقليلاً حديديك) والمنجنيز (في صورة منجنوز) والزنك كلها يمتص في صورة كاتيونات ، كما ان الآزوت يمتص في صورة نترات . والفوسفور على صورة فوسفات ، والكبريت في صورة كبريتات ، والبورون في صورة بورات ، والوايدينوم في صورة موليبدات ، اما العناصر التي يمتصها النبات في صورة جزيئات فهي الكربون في صورة غاز الفحم CO_2 ، والاكسجين والهيدروجين من الماء ، وبعض الآزوت في صورة احماس امينية او اميدات بسيطة .

العوامل المحددة لامتصاص العناصر الغذائية:

تتوقف عممية امتصاص العناصر الغذائية على العوامل الآتية :

١ - يجب ان تكون الأملاح المحتوية على العنصر ذاتية في تركيز مخفف جداً حتى يستطيع النبات

امتصاصها . ويشترط ان يكون التركيز اقل من الضغط الاسموزي للخلايا النباتية في المجموع الجذري ،
الا تسبب عن زيادة التركيز ضرر كبير قد يصل الى قتل الخلايا الحية نتيجة للبلزمة .

٢ - يجب ان تكون العناصر بنسب متوافقة لبعضها البعض ، فلو كانت النسبة من الآزوت الممتص
الى البوتاسيوم عالية مثلاً فإن اعراض نقص البوتاسيوم تظهر على النباتات . كما ان وجود بعض العناصر
بنسبة عالية يقلل امتصاص البعض الآخر ، كما يقلل الكالسيوم امتصاص البوتاسيوم والعكس بالعكس .
وتسمى هذه الظاهرة بالتضاد Antagonism .

٣ - ان يكون تأثير التربة ملائماً لعملية الامتصاص ، وهذا يتوقف على عاملين :

أ - حساسية النبات للحموضة والقلوية . فالقمح يوجد عند pH ٥ - ٧ ، والقطن بين ٦ و ٨.٥ ،
والشعير بين ٦.٥ - ٧.٥ ، والبرسيم بين ٦ و ٨ وهكذا .

ب - درجة ذوبان المركبات المحتوية على العناصر المختلفة ، فمثلاً لا تكون الفوسفات قابلة الذوبان
إذا انخفض رقم pH عن ٥ أو ٤ لتكوين فوسفات الحديد والالومنيوم وهما عديما الذوبان ، وكذلك لا
تذوب إذا ارتفع pH الى ٨ أو أكثر لتكوين فوسفات الكالسيوم الثلاثية .

٤ - لا بد من وجود الأكسجين في الوسط الذي ينمو فيه المجموع الجذري فإذا ملأ الماء جميع
مسام التربة توقف نمو الجذر ، وربما مات بسبب نقص الأكسجين .

طرق امتصاص النبات للعناصر :

ان جذور النبات تأخذ ايونات العناصر الغذائية اللازمة لها من المحاليل التي تعيش فيها هذه الجذور
وذلك بعدة طرق التالية :

١ - الانتشار البسيط Simple Diffusion : وفيه تنتشر الايونات انتشاراً حرّاً من المحلول المحيط
بخلايا سطح الجذر الى الطبقة الخارجية من السيتوبلازم . هذه الطبقة الخارجية التي يتم فيها الانتشار البسيط
تكون جزءاً محسوساً من حجم السيتوبلازم . وتستطيع الايونات المنتشرة عن طريق الانتشار العودة ثانية
الى خارج الجذر وذلك اذا سحب جذر النبات من المحلول المغذي ووضع مباشرة في الماء المنقطر . وهذا
يدل على ان الايونات في هذه الطبقة تكون في صورة حرة . ولذلك يعتبر جزء الخلية هذا وكأنه امتداد
للمحلول المغذي المحيط بالجذر .

٢ - الامتصاص النشط (الحيوي) Active transport : ويتم انتقال الايونات بهذه الطريقة بواسطة
جزيئات عاملة Carrier molecules توجد في سيتوبلازم الخلية . ويمكن لهذه الجزيئات الحاملة ان تمسك او
تتحد بالايونات في منطقة ما قرب السطح الخارجي للخلية ثم تنقل خلال السيتوبلازم في اتجاه الداخل نحو
الفجوة المصارية ، حيث تنفصل الأيونات هناك نتيجة تفاعل كيميائي خاص .

وتتميز عملية الانتقال هذه بعدة نقاط هي :

أ - تلازم عملية الانتقال النشاط عمليات التمثيل الحيوي داخل الخلايا .

ب - تتحول الايونات اثناء الانتقال الى صورة غير قابلة للتبادل .

ج - ان عملية الانتقال هذه عملية اختيارية Selective Process تستطيع الجذور فيها تفضيل نوع من الأيونات على غيره .

د - إن للأيونات المتقلة تأثير متبادل مع بعضها البعض Mutual Effect .

٣ - الامتصاص التبادلي Exchange Absorption : وتفرض هذه النظرية أن سطوح جذور النباتات هي سطوح فعالة نشطة لها خاصية تبادل القواعد . وهذه القواعد بعد دخولها بهذه الطريقة لا يمكنها الرجوع ثانية الى الوسط المحيط ، ولو نقلت الجذور الى وسط من الماء المقطر مثلاً . إلا ان هذه الكاتيونات تستطيع ان تتبادل مع كاتيونات أخرى إذا ما اضيفت الى الماء المقطر .

وتستطيع جذور النباتات ان تبادل الأنيونات أيضاً ، ولكن تبادل الأنيونات ضئيل جداً إذا ما قورن بتبادل الكاتيونات على جذور النباتات .

٤ - الامتصاص التبادلي بالتماس (الملامسة) Contact Exchange Absorption : ولقد وضعها العالم بني Jenny . ومساعدوه . وتفرض هذه النظرية ان امتصاص الكاتيونات من المعنقات الغروية (او الارض الزراعية) لا تشترط وجود الكاتيون في المحلول الذي يعبر فيه الجذر ، بل يمكن ان يتم بالتماس المباشر بين جذر النبات وحيويات الطين الغروي . اد ان أغلب الكاتيونات الموجودة على سطح الجذر هي الأيدروجين ، بينما تكون حيويات الطين الغروي مشبعة بالقواعد مثل الكالسيوم والمغنيسيوم والبوتاسيوم والامونيوم .. الخ . وعند تمام عملية التبادل تزيد مقادير هذه العناصر على سطح الجذر ، حيث تأخذ طريقها الى داخل الخلايا ، ومنها الى داخل الجذر .

ولقد لاقى هذه النظرية اعتراضات كثيرة ، وعمل عليها مؤخراً الدكتور مطر حيث استعمل الفوسفور المشع P^{32} وذكر ان قسماً من الفوسفور يدخل الى النبات عن طريق التماس . ويعتقد ان امتصاص الكاتيونات يحدث بهذه الطريقة أيضاً بالإضافة الى باقي الطرق .

وتسود نظريات الامتصاص من المحلول عندما تكون الارض رملية نظراً لصغر سطح التبادل في الارض .

العناصر وتأثيرها على نمو النبات

١ - الآزوت

حالة النتروجين في الارض :

يمتص الجزء الاكبر من هذا العنصر على صورة نترات وقليل على صورة امونيوم ، وتختزل كل من النترات والامونيوم بعد امتصاصها الى الصورة المختزلة (NH_4) ، حيث يرتبط النتروجين المختزل مع الاحماض الكربوكسيلية مكونا الاحماض الامينية ، وهذه تكون البروتين . كما أن الآزوت يدخل كمكون رئيسي في تكوين جزيء الكلوروفيل . ويتسبب عن الاضافات الكافية من العنصر زيادة النمو الخضري ، وتلون الاوراق بلون اخضر زاهي . كما يتسبب عنها اطالة فترة النمو الخضري وتأخير النمو الثمري لبعض المحاصيل ، وقد تتعرض النباتات للرقاد او الاصابة الحشرية . ويميز اصفرار اجزاء النبات الى نقص العنصر . وفي حالات النقص الشديد تتلون الاوراق بلون بني وتموت . وتحتوي المتخلفات النباتية التي تعتبر المادة الخام التي تكون المادة العضوية في الاراضي ، على حوالي ٤٠ ٪ كربون واقل من ١ ٪ آزوت . وتحلل المادة العضوية وانطلاق النتروجين المعدني منها هو ما يعرف بالتحول الى الصورة المعدنية Mineralization والامونيا تعتبر قاتج عمليات التحلل التي تقوم بها الكائنات الدقيقة وتكون قابلة لاستفادة النبات او بعد تحويلها الى نترات . وتنتج الامونيا من الاحماض الامينية والمركبات الاميدية .

وعملية تحول المادة العضوية الى احماض امينية عن طريق الكائنات الدقيقة تعرف Amminization وبلي ذلك عملية النشطرة حيث تتحول الاحماض الامينية بفعل الاحياء الدقيقة وينطلق النشادر . وهذا جزء منه يستهلك عن طريق الكائنات الدقيقة ، كما تستفيد منه بعض النباتات خصوصاً النباتات الصغيرة ، او قد تتأكد الى نترت عن طريق بكتريا نيتروزوموناس Nitrosomonas ، ويتحول النترت الى نترات عن طريق بكتريا نيتروباكتر Nitrobacter وتسمى العملية بخطوتها بعملية النأزت Nitrification .

التوازن النتروجيني :

يضاف النتروجين للارض كما قد يفقد منها على مدار السنة . وسبب الفقد العوامل التالية :

١ - استهلاك المحاصيل : والمحاصيل النجيلية اكثر امتصاصاً لهذا العنصر من غيرها .

٢ - الفقد بالغسيل Leaching : ويكون واضحاً في الظروف الرطبة ، والفقد في النترات اكثر

من الامونيوم حيث يدخل الاخير في مركب الامتصاص .

٣ - فقد على الصورة الغازية : ويحدث نتيجة لسوء الصرف والتهوية ، حيث تستطيع الكائنات الدقيقة اختزال النترات وتسمى العملية عكس التآزت Denitrification .

٤ - الازالة Erosion : ويحدث نتيجة لفعل الرياح والامطار في الطبقة السطحية .

اما اضافة الآروت للارض فسيه احد العوامل الآتية :

١ - تثبيت النتروجين : تقوم الآزوتوبا كتر بتثبيت نتروجين الهواء الجوي في اجسامها . كما تقوم بكتريا المقد الجذرية *Bacterium radicola* بتثبيت آروت الهواء الجوي وهي تعيش معيشة تعاونية مع النبات ، وتتراوح الكمية التي تثبتها هذه البكتريا بين ٥ - ١٠ كغ آروت للدونم ، وقد يشترك مع البكتريا المفدية في التثبيت بعض انواع الفطر مثل : *Clavocumb, Penicillium, Aspergillus niger* .

٢ - الامطار : وتتراوح كمية الآزوت التي تصل للارض عن طريق الامطار خصوصاً في المناطق الصناعية بين ٠.١٢٥ - ٢ كغ للدونم .

٣ - بقايا المحاصيل والاسمدة البلدية والعضوية .

٢ - الفوسفور

حالة الفوسفور في الأراضي :

يتمص عنصر الفوسفور من الارض على صورة ارثو فوسفات $H_2 PO_4^-$ ، وبكميات قليلة على صورة $H PO_4^{--}$ ، كما يمكن للنبات ان يتمصه على صورة عضوية ذائبة مثل الفيتين وحامض النويك . وتتراوح كمية الفوسفور في الاراضي بين ٠.١٠٥ - ٠.١٢ ٪ . وتتراوح كمية الفوسفور القابل للاستفادة ١ ٪ من الكمية الكلية . والفوسفور يوجد في الارض على صورتي عضوية وغير عضوية ، والمشكلة بالنسبة للفوسفور ان كمية كبيرة منه توجد في حالة غير قابلة للاستفادة ، وتزداد الكمية القابلة للاستفادة منه او تقل تبعاً للعوامل الآتية :

١ - نوع معدن الطين : حيث يزيد تثبيت الفوسفور في معدن الكاؤولينيت عنه في النوع ٢ : ١ . كما انه يتثبت في الاراضي الطينية الثقيلة اكثر من الخفيفة لزيادة السطح المرص في الاولى . كما ان الطين المشبع بالكالسيوم يحتجز كميات اكبر من الفوسفور عنه في الطين المشبع بالصوديوم .

٢ - تأثير الارض : تختلف درجة ذوبان الفوسفور تبعاً لدرجة حموضة وقلوية الارض كما مر سابقاً .

٣ - المادة العضوية : تعمل المادة العضوية على زيادة قابلية الفوسفور للاستفادة نتيجة لتأثير غاز المعجم الناتج عن تحللها ، كما ان الاحماض العضوية الناتجة عن التحلل تتحد مع الحديد والالومنيوم مكونة مركبات معقدة تحول دون تثبيتها للفوسفور .

علاقة الفوسفور بالنبات :

يختلف توزيع الفوسفور في النبات باختلاف نوع النبات . وتعتبر البذور أغنى أجزاء النبات بالفوسفور . كذلك فإن نباتات العائلة البقولية أغنى في الفوسفور من العائلة النجيلية . ويعتبر الفوسفور أحد مكونات الخلية حيث يدخل في تكوين بروتين النواة ، وهو عنصر مهم في عمليات الهدم والتنفس حيث يدخل في تكوين بعض أنزيمات التنفس .

ولقد ثبتت أهمية الفوسفور في عمليات التحول الكربوهيدراتي داخل النبات ، كتحويل النشاء إلى سكر مثلاً . كما ثبتت أهميته في تمثيل الدهون وقد لوحظ أن هناك علاقة ثابتة بين الآروت والفوسفور في النباتات . وتختلف هذه النسبة حسب النباتات فهي تبلغ ١ : ٢ في حبوب النجيليات وتصل إلى ١ : ٣ أو ١ : ٤ في بذور البقوليات .

كما لوحظ أن زيادة الفوسفور تؤدي إلى تكبير المحاصيل بالنضج بشرط توفر العناصر الأخرى ، وإلا سبب التكبير بالنضج قلة في المحصول مرجعها نقص العناصر الأخرى وليست زيادة الفوسفور . أعراض نقص الفوسفور : يتميز النمو الخضري في النبات النامي ، عند نقص الفوسفور ، بلون أخضر داكن (يميل إلى الأزرق) . كما أن الأوراق السفلى قد تتلون بلون أرجواني مصفر وخاصة بين العروق حيث تتحول إلى البرونزي . وقد تسقط الأوراق مبكراً عن موعد سقوطها الطبيعي وذلك في الأشجار متساقطة الأوراق .

٣ - البوتاسيوم

حالة البوتاسيوم في الأراضي :

يتمتع البوتاسيوم على الصورة الأيونية وكميته في الأراضي عالية ولكن الصورة القابلة للاستفادة منه عادة بسيطة . ويمكن إمداده في التربة على صورة أملاح غير عضوية . ولا يدخل البوتاسيوم في تكوين مركبات هامة داخل النبات ، ولكنه يوجد عادة في الأنسجة النباتية على صورة ملح غير عضوي ذائب ، ويعتبر عنصر هام جداً في إنتاج ونقل الكربوهيدرات في النبات . ويعزى إلى نقص هذا العنصر زيادة بسيطة وسريعة في الكربوهيدرات سرعان ما يعقبها نقص في هذه المكونات . ويبدو أن للبوتاسيوم علاقة بتمثيل النتروجين في النبات ، فالنباتات التي يبدو عليها علامات النقص في البوتاسيوم غالباً ما تكون نسبة الأحماض الأمينية فيها عالية، أي أن نقصه يسبب تراكم وعدم تحويل الأحماض الأمينية إلى بروتين .

يوجد البوتاسيوم في الأرض في صور عديدة : ذائبة في الماء ، وأخرى غير ذائبة ، وصور أخرى تقع بين هاتين الصورتين . وتتراوح نسبة البوتاسيوم الكلية في الأرض من ٢ - ٣ ٪ في الطبقة السطحية معظمه غير قابل للاستفادة . ويوجد البوتاسيوم في معدن طين الاليت ، كما يوجد في صورة متبادلة على مركب الامتصاص العضوي والمعدني .

والبوتاسيوم الذائب والمتبادل يوجدان في حالة ايزان مع بعضهما ، فالنقص في الذائب عن طريق الفسيل ، يصحبه في الحال التحول من المتبادل حتى يحدث الايزان في الصورتين . فاذا اضيف بوتاسيوم ذائب للارض فانه يحدث تحول في الاتجاه المضاد أي الى الصورة المتبادلة . واذا اضيف سماد بوتاسيوم لارض تحتوي على ممان طين (٢ : ١) فان جزء من البوتاسيوم يتحول الى صورة غير قابلة للاستفادة مؤقتاً ، واحتجاز وانطلاق العنصر في هذه المعادن يرجع الى بطء دخول وخروج ايونات البوتاسيوم من بين الطبقات التي تشغلها الكاتيونات بين صفائح السليكا للمعدن . ويعتبر البوتاسيوم المحتجز بمثابة اضافة للصورة غير القابلة للاستفادة التي تحول دون الفسيل والاستهلاك الزائد للصورتين الذائبة والمتبادلة . ويوجد ايزان بين الصورة المتبادلة والصورة المحتجزة بين طبقات معدن الطين تمثلها المعادلة .

(ذائب \rightleftharpoons متبادل \rightleftharpoons محتجز) .

ولذا فان استعمال سماد بوتاسي يزيد البوتاسيوم الذائب ويتحرك الى اليسار أي الى المتبادل . وقد يؤدي نقصه عن طريق الحصول تحركه الى اليمين .

علاقة البوتاسيوم بالنبات : بالرغم أن البوتاسيوم لا يدخل في تركيب المادة النباتية إلا ان كميته تفوق دائماً كميات الفوسفور والمغنيسيوم . وتتأثر عملية امتصاص البوتاسيوم بنسبة الكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم الموجودة في الارض، فزيادة أي منها يعمق امتصاص البوتاسيوم من قبل النبات ويقال له . كذلك فان المحاصيل الارضية كالبطاطا والشوندر وكذلك قصب السكر تستهلك كميات كبيرة من هذا العنصر .

ولقد وجد ان البوتاسيوم يساعد على انتاج الكربوهيدرات داخل النبات ، يساعد في انتقال السكريات وتحركها داخل النبات . ويساعد أيضاً في اختزال ونحوها لنشاء ، حيث يساهم في بناء الاحماض الامينية وبالتالي البروتينات .

ومن اعراض نقصه : اصفرار الاوراق عند الحافة ثم يتجه الاصفرار للداخل كلما زاد الجوع ، وفي حالة النقص الشديد تتحول الاجزاء الصفراء الى لون اسمر أو الى بني محروق ، واكثر ما تكون الاعراض وضوحاً على الاوراق السفلى الكبيرة .

الكالسيوم

أهم مصادر الكالسيوم في الأرض هي المعادن المحتوية عليه . والصورة الصالحة لامتصاص النبات تكون إما من الكالسيوم الذائب في المحلول الارضي ، او الكالسيوم المتبادل على سطح الطين والذبال . وتعمل زيادة الرطوبة في الارض ، وخصوصاً عند ذوبان غاز الفحم به ، على زيادة كمية الكالسيوم الذائب وعلى العموم تعتبر الاراضي السورية غنية بالكالسيوم المتبادل .

ويعتص الكالسيوم من قبل النبات على صورة Ca^{++} ، وذلك إما من الكالسيوم الذائب او المتبادل . وتمتص النباتات البقولية كمية كبيرة منه إذا ما قورنت مع النباتات النجيلية .

وترجع أهمية الكالسيوم في النبات الى أنه يقوم بمادلة الاحماض التي تنتج في الخلايا خصوصاً أثناء تكوين البروتين وتحولاته . كما انه يدخل في تكوين الصفيحة الوسطية لجدران الخلايا *Middle lamella* وذلك في صورة بكتات الكالسيوم . كما يعمل على تشييط الانسجة المرستية خصوصاً في القمم النامية للجذور ، مما يساعد النبات على تكوين مجموع جذري كبير .

وتظهر أعراض نقصه في القمم النامية للأفرع والجذور ، حيث تموت البراعم الطرفية وكذلك اطراف الجذور . كما تجف اطراف الاوراق حديثة النمو بعد ان تلتوي على شكل خطاف ، ثم تنقص هذه الحواف .

٥ - المغنيسيوم

يدخل المغنيسيوم في تركيب القشرة الأرضية بنسب مختلفة ، فتكون آثاره في الأراضي الرملية بينما تصل الى ١ ٪ في الأراضي الطينية ، واذا زادت النسبة عن ذلك يصبح المغنيسيوم ضاراً وساماً للنبات . وهو يمتص على صورة ايونات مغنيسيوم . وترجع أهميته في النبات الى انه يدخل في تركيب جزيء الكلوروفيل ، كما انه يساعد في تحريك الفوسفور والكربوهيدرات داخل النبات . ولقد وجد أن هناك علاقة عكسية بين البوتاسيوم والمغنيسيوم ، فاذا استخدمت الاسمدة البوتاسية بكمية كبيرة ، يؤدي ذلك الى ظهور أعراض نقص المغنيسيوم على النباتات .

والمغنيسيوم قابل للانتقال من الانسجة المسنة الى الانسجة الحديثة التكوين ، ولذلك تظهر أعراض نقصه على الاوراق المسنة أولاً ثم تمتد الى الاوراق الحديثة . وتبدو أعراض نقصه بتحول لون الاوراق المسنة الى اللون الاخضر الفاتح ، ثم يبدأ الاصفرار من الطرف العلوي للورقة ويمتد الى اسفل حتى يصل الى عنق الورقة ، بينما تبقى العروق خضراء .

٦ - الكبريت

تعتبر المعادن المحتوية على الكبريت وكذلك المادة العضوية من اهم مصادر الكبريت في الارض وهو يمتص على صورة كبريتات SO_4^{2-} . ثم ينتقل في النبات الى كبريت S^{2-} أو سلفا هيدريل (SH^-) ، حيث يدخل في تركيب الاحماض الأمينية . ولا تستطيع مركبات الكبريت العضوية التحرك داخل النبات ، ولذلك يتحول الكبريت ، في حالة انتقاله داخل النبات الى الانسجة الجديدة ، الى كبريتات ثانية حتى يتمكن من التحرك .

وترجع أهمية هذا العنصر الى انه يدخل في تكوين بعض الاحماض الأمينية ، كما انه يساعد في اختزال النترات داخل النبات ، اذ يصاحب نقص هذا العنصر تراكم النترات في النبات . ويرجع رائحة بعض النباتات كالبصل والثوم الى الخ الى تكوين الجلوكوسيدات حيث يدخل الكبريت في تركيبها .

وتبدو اعراض نقصه على الاوراق الحديثة حيث يبدو لونها اخضر فاتح ، كما ان عروق الاوراق تبقى افتح لوناً من باقي نسيج الورقة (عكس المغنيسيوم) ، كما تظل الورقة ملتصقة بالنبات .

٧ - الحديد

يوجد الحديد في الأراضي عادة بكميات كافية للنبات ، إلا ان وجود كربونات الكالسيوم بنسبة عالية تمنع دخول الحديد الى النبات . ويتمص الحديد على صورة حديدوز Fe^{++} .

وترجع أهمية الحديد الى ان له علاقة بتكوين الكلوروفيل رغم انه لا يدخل في تركيبه ، كما انه يدخل في تركيب السيتوكروم ، وله علاقة بتكوين انزيم البيروكسيداز ذا العلاقة بتنفس النبات .

وتبدو اعراض نقصه على الاوراق حديثة التكوين حيث تبدو صفراء بين العروق ، بينما تبقى هذه العروق خضراء اللون . وعند اشتداد النقص تموت حواف الاوراق ونهاية العروق .

ويمكن تعويض نقص الحديد باضافة المركبات الخلية الى الارض ، او رش الاوراق بكبريتات الحديدوز ، وقد يضيف بعض المزارعين بلاورات كبريتات الحديدوز في شق داخل الجذع .

٨ - المنجنيز

يدخل هذا العنصر النبات على صورة ايون منجنيز ثنائي التكافؤ Mn^{++} وقد تكون الاراضي المحتوية على نسبة عالية من الجير ، وكذلك الاراضي الدبالية ، والرملية ، فقيرة بهذا العنصر . وعندما يزيد تركيز المنجنيز في المحلول عن ١٠ - ٢٠ جزء في المليون ، فقد يسبب تسمم النبات .

وللمنجنيز علاقة بتكوين الكلوروفيل ، وكذلك بعض الاحماض الامينية والبروتينات والسكريات . وللمنجنيز علاقة كبيرة بعمليات الاكسدة والاختزال داخل النبات . وهو على العموم كالحديد يعمل كعامل مساعد .

وتتداخل اعراض نقصه مع الحديد ، إلا ان الورقة قد تتبقع ببقع مبعثرة ، كما تتساقط الاوراق وكذلك الازهار في حالة النقص الشديد بهذا العنصر .

٩ - البورون

تعتبر زيادة كربونات الكالسيوم في الارض احد الاسباب الرئيسية في نقص هذا العنصر . وعند زيادة نسبته في الارض ، يؤدي ذلك لتسمم النبات ، ولذلك لا يستعمل ماء الري اذا زادت تركيز البورون فيه عن ٢ جزء في المليون .

ويعتص البورون في صورة بورات BO_3^- . وترجع أهميته الى انه يتحكم في نسبة الماء داخل النبات وكذلك في امتصاصه . وله علاقة كبيرة في حركة السكريات الى اماكن التخزين . كما يتدخل في عملية التلقيح في الزهرة ، ويتحكم في حركة الريشة والجذير .

ومن اعراض نقصه : موت البراعم والقمم النامية وضعف نمو الجذور وفي الشوندر تقل كمية الجزء الداخلي في الجذور مع اصفرار الاوراق ، بينما تبدو ثمار التفاح وكأن جزءها اللحمي قليلاً .

وعادة يغطي النقص باضافة حمض البوريك او البوراكس .

١٠ - الزنك [الخارصين]

تمتص النباتات الزنك في صورة ايونات ذائبة في المحلول او ممتصة في مركب الامتصاص . ومن وظائفه انه ضروري لتكوين الحمض الاميني تربتوفان ، كما انه له علاقة بهرمونات النمو وبعض الانزيمات . كما يتدخل في تكوين الكلوروفيل وفي امتصاص الماء ايضاً .

وتبدو اعراض نقصه باصفرار الاوراق ، او تحول لونها الى العاجي كما يقل طول السلاميات في الساق . ويمكن تعويض النقص باضافة كبريتات الزنك الى الارض .

١١ - النحاس

تبدو أعراض نقص هذا العنصر عندما تقل نسبته الصالحة في الارض حتى ٢ - ٥ جزء في المليون . وعند زيادة الكمية الصالحة قد يؤدي الى تسمم النبات .

وتمتصه النبات على صورة Cu^{++} . ويرجع دوره في النبات كعامل مساعد ، اذ له علاقة بأنزيمات التنفس وكذلك في تكوين الكلوروفيل .

وتبدو اعراض نقصه على شكل موت البراعم الصغيرة ، واصفرار الاوراق . ويمكن تعويض النقص باضافة كبريتات النحاس الى الارض .

١٢ - الموليبدنيوم

نادراً ما تبدو اعراض نقصه على النبات ، نظراً لحاجة النبات الى كميات قليلة جداً منه ، وهو لازم لاختزال النترات في النبات ، وكذلك في تكوين حامض الاسكوربيك . ولا تستطيع البكتريا المثبتة لآزوت الهواء الجوي من نوع الآزوتوباكتر ان تثبت الآزوت عند غياب هذا العنصر ، كما لا تتكون العقد الجذرية في البقوليات ايضاً .

دراسة حاجة النبات والارض للعناصر الغذائية

للوصول الى احسن انتاج من الارض يجب توفير العناصر الغذائية بها حتى يستطيع النبات امتصاص ما يلزمه منها . ولتوفير هذه العناصر لكل محصول يجب دراسة العناصر اللازمة له اولاً ثم تدرس العناصر الموجودة بالارض فعلاً ، وعلى ضوء ذلك تضاف الى الارض ما يوصلها الى مستوى الانتاج الجيد .

وامم الطرق المستعملة لمعرفة حاجة النبات الى عنصر معين هي التالية :

١ - طريقة المزارع الرملية في اصص : وفيها تملأ الاصص برمل نقي مغسول بالاحماض ثم بالماء المقطر لارالة كل العناصر الغذائية منه ، ثم اضافة كل العناصر الغذائية جميعها الا العنصر المختبر له . ويتابع نمو النبات في الاصص ويعرف تأثير غياب هذا العنصر ثم تأثير اضافته كميات متزايدة لمعرفة احسن تركيز له بين العناصر الاخرى .

٢ - طريقة المزارع المائية : وهي تشبه طريقة الاصص ، الا ان النباتات تنمو في محلول للعناصر بدلاً من اصاقتها الى الاصص ، ويجب هنا تمرير تيار من الهواء في المحاليل المختلفة لتوفير الاكسجين الضروري لتنفس الحدور .

اما الطرق المستعملة لمعرفة نقص العناصر في الارض فتلخص في الآتي :

١ - تحليل النبات النامي في الارض المراد اختبارها لمعرفة محتوياته يمكن الحصول على تحديد العنصر في عناصر الارض .

٢ - تحليل الارض كيمياوياً وتقدر العناصر بها وتحدد كميات المقابل للذوبان منها . وبذلك يحدد النقص في تلك العناصر .

٣ - اجراء تجارب الاصص لمعرفة مدى استجابة النبات للاسمدة وذلك بملاحظة سرعة النمو ومقدار المحصول الناتج ، وتجري هذه التجارب عادة في الصوبات او البيوت الزجاجية .

٤ - اجراء تجارب فعلية لمعرفة تأثير اضافة الاسمدة على النبات ومحصوله تحت الظروف الطبيعية .

٥ - تقوم الملاحظات البصرية بدور كبير اد المعلوم ان لكل عنصر دوراً في حياة النبات يتسبب عن عيابه عرض محدد مثل الاصفرار او موت البراعم الطرفية .. الخ .

الفصل الثاني

الاسمدة والتسميد

تحتوي الارض على كميات من العناصر لا تكفي لانتاج اكبر محصول اقتصادي ، ولذلك تضاف هذه العناصر للارض على صورة سماد وتسمى العملية بالتسميد ، والمادة المضافة بالاسمدة . وتقسم العناصر بالنسبة لتأثيرها النافع او الضار على المحصول حسب نسبة وجودها في الارض الى مجموعات ثلاث :

١ - عناصر يتناسب نمو النبات ومقدار محصوله مع مقدار ما يوجد منها بالارض ، ويزداد المحصول بزيادة كمية هذه العناصر بطريقة التسميد (في الحدود الاقتصادية) وهذه العناصر هي الآزوت والفوسفور والبوتاسيوم .

٢ - عناصر ذات تأثير فعال اذا وجدت بكميات قليلة نسبياً ، اذ تعطي اكبر محصول ممكن توفرت بهذه الكميات القليلة . ولكن لا يتبع زيادتها في الارض زيادة في المحصول وتشمل ، الكبريت ، والحديد ، والكالسيوم ، والمنيسيوم .

٣ - عناصر ذات فعل قوي جداً اذا وجدت بمقادير صغيرة جداً ، واذا زاد مقدارها عن حدود معينة اصبحت سامة قاتلة للنباتات وهي : البورون والنحاس والمنجنيز والزنك والموليبدنيوم .

علاقة التسميد بالمحصول :

تخضع العلاقة بين المحصول والعناصر السمادية المضافة الى العلاقات الهامة التالية :

١ - قانون المائد المتناقص :

يتلخص هذا القانون في ان المحصول يزداد بازدياد عنصر معين ما دام هذا العنصر هاماً لحياة

النبات ، ولكن معدل الزيادة في المحصول لا يتناسب طردياً مع الزيادة في العنصر المضاف ، بل ان معدل الزيادة في المحصول يقل تدريجياً . وينطبق هذا القانون على الآزوت والفوسفور والبوتاسيوم . ولتوضيح ذلك نفرض اننا اذا اضعنا وحدة من السماد الآزوتي زادت كمية المحصول ١٠ كغ مثلاً ، فليس معنى هذا ان كل وحدة تزيد من الآزوت يقابلها زيادة ١٠ كغ ، بل معناه ان الوحدة الثانية من الآزوت يقابلها زيادة ٨ كغ مثلاً ، والثالثة يقابلها ٦ كغ ، وهكذا يتناقص العائد نتيجة للزيادة في الوحدات المضافة .

٢ - قانون العامل المحدد :

وبتلخص هذا القانون في ان المحصول يزداد بزيادة عنصر معين ، مثلاً الآزوت ، ما دامت جميع العناصر الاخرى متوفرة بكميات مناسبة ولكن هذه الزيادة تقف عند حد معين اذا استنفذ عنصر آخر وليكن الفوسفور مثلاً ، وتصبح زيادة الآزوت عديمة الفائدة ما دام العنصر الآخر المحدد للنمو ناقصاً ولذا يجب ان تكون العناصر موجودة في الارض بنسب معينة تتلاءم مع بعضها لمصلحة المحصول .

٣ - ان كمية المحصول تتوقف على الاسمدة المضافة ، ولكن اذا زاد بعض هذه الاسمدة عن حد معين ، لما يجب ان يكون عليه ، كالأزوت مثلاً ، تكونت اوراقاً عسارية تصبح عرضة لمهاجمة الفطريات والحشرات ، كما يزداد النمو الخضري زيادة كبيرة تؤثر على النمو الثمري فيقل المحصول وقد تصاب النباتات بالرقاد .

ولقد استخدمت عدة طرق لاختبار وجود العناصر في التربة وللتعرف على مدى خصب الارض يمكن ان تلخص بالآتي :

١ - اختبار أعراض نقص العناصر على النباتات المزروعة في هذه التربة .

٢ - القيام بالتحليلات الكيميائية للتربة ، بهدف معرفة احتواء التربة على العنصر الغذائي ، وفي هذا المجال يتطلب تحديد كمية العنصر القابلة للاستفادة . وتختلف طريقة الاختبار للقابلية للاستفادة كثيراً حسب نوع العنصر ، وكذلك حسب طبيعة التربة .

٣ - اجراء اختبارات بيولوجية وتم إما في الخبـر أو في البيوت الزجاجية او تحت الظروف الحقلية . ففي الطريقة المخبرية نستخدم بعض الكائنات الحية الدقيقة كالفطريات او البكتريا او الطحالب ، حيث يفترض ان هذه الكائنات عند زراعتها في وسط معين فانها تعكس المستوى النسبي للعنصر الغذائي في غذا الوسط ، وهي تشبه النبات في ذلك .

أما اختبارات البيوت الزجاجية فمن اشهرها طريقة نيوباور Neubaur وتعتمد اساساً على كمية العنصر التي يمتصها النبات من الوسط المغذي ، وكذلك طريقة ميثرلش Mitscherlich وتعتمد على اضافة كميات متزايدة من العنصر الغذائي الى الاصص بهدف الوصول الى أعلى انتاج أعظمي .

وفي الظروف الحقلية ، تقام التجارب لمعرفة مدى امداد التربة بالعناصر الغذائية للنبات . وتعتبر طريقة التجارب الحقلية أقل فاعلية من غيرها نظراً للظروف المختلفة التي تتحكم في التجربة ، وللتكاليف العالية والجهود الكبيرة ، ولذلك يقترح البعض ان تدعم التجارب الحقلية بفرض معرفة امداد التربة النبات بالعناصر الغذائية ، بتجارب أصص أو بدراسات مخبرية .

٤ - التحليل النباتي : حيث يحلل النبات كيميائياً لمعرفة كمية العنصر التي امتصها النبات فعلاً والموجودة فيه ، ويعتبر هذا مؤشراً لقدرة التربة على الامداد بالعنصر الغذائي للنبات .

الاسمدة

تطلق كلمة سماد Fertilizer على اي مادة تضاف للتربة لامتدادها بالعنصر الذي تتطلبه النباتات لتنمية . ويحسن عند دراسة الاسمدة الاطلاع على التعاريف التالية :

المادة السهادية او الحاملة Fertilizer material or carrier : هي اي مادة تحتوي على واحد او اكثر من العناصر اللازمة للنبات .

السماد المخلوط : هو السماد الذي يحتوي اثنين او اكثر من المواد السهادية .

السماد الكامل: هو السماد الذي يحتوي الثلاث عناصر السهادية الهامة وهي الآزوت والفوسفور والبوتاسيوم .

تحليل السماد : وتشير هذه الى النسبة المئوية للعنصر السهادي في السماد مقدراً في حالة الآزوت كآزوت كلي، وفي حالة الفوسفور في صورة P_2O_5 المقابل للاستفادة ، وفي حالة البوتاسيوم في صورة K_2O الذائب في الماء . فاذا قيل ان سماداً تحليله ٤ - ٨ - ٤ فهذا يعني ان كل ١٠٠ كغ من هذا السماد تحوي ٤ كغ آزوت على صورة N ، و ٨ كغ P_2O_5 و ٤ كغ K_2O . وبالمقابل اذا قيل سماد مركب تحليله ٦ - ١٠ - ٦ فان كل ١٠٠ كغ منه تحوي ٦ كغ N و ١٠ كغ P_2O_5 و ٦ كغ K_2O .

نسبة السماد : تشير نسبة السماد الى الكميات النسبية للأزوت الكلي و P_2O_5 المقابل للاستفادة

و K_2O الذائب في الماء في السماد ، فالسمدة المخلوطة ٤ - ٨ - ٤ ، ٥ - ١٠ - ٦ ، ٥ - ١٢ - ٦ كلها تحتوي على النسب ١ - ٢ - ١ من الآزوت والفوسفور والبوتاسيوم على الترتيب . والاسمدة ٤ - ٨ - ٨ و ٦ - ١٢ - ١٢ فانها تحوي نسبة سمادية واحدة هي ١ - ٢ - ٢ .

المادة المائلة : هي أي مادة تضاف للسماد لأي غرض خلاف اضافة عناصر غذاء للنبات ، وتضاف

المادة المائلة لتعوض الفرق بين وزن الجزء المضاف الذي يحتاج اليه لعمل طين^١ من تحليل مطلوب .

سماد ذا أثر حامضي : هو سماد له القدرة على زيادة الحموضة في التربة ، وتستمد هذه الحموضة اساساً من عملية النأزت للاملاح النشادرية والمواد العضوية بواسطة بكتريا التربة ، ومن أمثلته : سلفات النشادر وسلفات البوتاسيوم وكلوريد البوتاسيوم .

سماد ذا أثر قاعدي : هو سماد ذات مخلفات قاعدية في التربة ، مثل نترات الجير ، نترات الشيلي ، سيناميد الجير ، السوبر فوسفات .

سماد متعادل : هو السماد الذي لا يترك اية مخلفات حامضية او قاعدية في التربة مثل نترات النشادر . ولما كانت معظم الاراضي تحتاج الى عناصر الآزوت والفوسفور والبوتاسيوم بصفة مستمرة مما يقتضي اضافة أسمدة تحتوي عليها لذلك سنقتصر الكلام على الاسمدة المحتوية على العناصر الثلاثة هذه .

أولاً - الاسمدة الآزوتية

تقسم الاسمدة المحتوية على آروت الى قسمين رئيسيين : عضوية وغير عضوية . أما الاسمدة العضوية والتي منها سماد القمامة وسماد الاسطبلات والسماد الاخضر ... الخ ، فيجب ان تمر بعمليات تكوين الامينات فالنشادر والنأزت قبل ان يصبح آزوتها ميسوراً تماماً للنباتات وبحاج ذلك الى ظروف بيئية خاصة من دفء وتهوية ووجود كميات ملائمة من الكالسيوم لنشاط البكتريا وكذلك نسبة الكربون للآزوت . ويتم التحلل تدريجياً ، ونتيجة لذلك لا يكون تأثيرها سريعاً كما هي في نترات الصودا وغيرها الا انها تطلق نتروجينها تدريجياً على طول الموسم . إلا ان ثمن الآزوت الناتج منها يعادل ٣ - ٥ اضعاف ثمن النتروجين المستمد من الاسمدة غير العضوية نظراً لدور المادة الدبالية في المحافظة على البناء الارضي الجيد في التربة ، والحقيقة فانه بالرغم من الاهمية الكبيرة للاسمدة العضوية في زيادة خصب الارض الا انها لم تلق بعد في زراعتنا ولدى فلاحينا الاهمية الكبيرة المرجوة .

اما الاسمدة الآزوتية غير العضوية فانها تقسم الى ثلاثة اقسام رئيسية هي :

١ - اسمدة نشادرية : ويكون الآزوت فيها على صورة امونيوم مثل كبريتات الامونيوم ، فوسفات الامونيوم ، الامونيا السائلة .

٢ - أسمدة نترانية : ويكون الآزوت فيها على صورة نترات مثل نترات الصودا ونترات الجير .

٣ - اسمدة نشادرية نترانية : ويكون الآزوت فيها على صورتين امونيوم ونشادر مثل : نترات النشادر ، نترات النشادر الجيرية ، سلفونترات الامونياك .

يضاف الى الاقسام الثلاثة السابقة كل من اليوريا وسيناميد الكالسيوم . واليوريا تحوي ٣ امثال الآزوت الذي تحويه نترات الصودا ، وهي تتحلل بالتربة الى كربونات امونيوم وهذه تتحلل الى نترات

وامونيوم وعيها هو شدة تميها . ويغلب عليها بتغليظ حبياتها بمساحيق جافة ، كما ان تحملها بطيء ، وينتظر أن تلعب دوراً هاماً في التسميد على نطاق واسع في المستقبل نظراً لسهولة تحضيرها ورخص الآزوت المستحصل منها .

أما سيناميد الجير فهو ناتج صناعي رخيص ، إلا ان عيبه انه اذا استعمل ثراً فانه يسبب ضرراً للجسموع الخضري ، كما انه بطيء التحلل ، ولذلك عند استخدامه في أعمال التسميد فمن الضروري ان يضاف الى التربة قبل الزراعة بمدة تكفي لتحويله الى صورة قابلة للاستفادة ، ولقد وجد انه اثناء تحويله في التربة في الاراضي القاعدية فان مادة سامة للنبات تحدث اثناء التحلل ، ولذلك يجب عند التسميد بسيناميد الجير اضافته قبل الزراعة بمدة ثم الري وذلك كي يتخلص من المادة السامة وتحويلها الى صورة جيدة قبل زراعة النبات .

ثانياً - الاسمدة الفوسفاتية

وأهم الاسمدة الفوسفاتية هو السوبر فوسفات ، والسوبر فوسفات المكرر ، وخبت الميادن ولقد دخل مؤخراً ميدان التسميد الفوسفاتي فوسفات أحادي أو ثنائي الامونيوم ، وتعتبر ذات أهمية كبيرة في التسميد الفوسفاتي للاراضي المحتوية على الجير . وتتوقف أهمية السباد على كمية الفوسفات القابلة للذوبان في الماء ، أو في حمض خفيف مثل حامض الستريك .

ثالثاً - الاسمدة البوتاسية

وأهم هذه الاسمدة : كبريتات البوتاسيوم ونحوي $K_2O \ 52\%$. وكالورور البوتاسيوم ونحوي $K_2O \ 50\%$.

رابعاً - الاسمدة المركبة

وهي التي تحوي أكثر من عنصر سمادي واحد . وتقسم الى :

أ - اسمدة آزوتية بوتاسية : مثل نترات البوتاسا ($K_2O \ 46\%$ ، آزوت 14%) وظلراً لارتفاع نسبة البوتاسيوم الى الآزوت لذا لم يلق سوقاً رائجة ، إلا انه حالياً تضاف نترات الصودا الى نترات البوتاسا فيتكون سباد به 14% آزوت و 15% بوتاسا . وكذلك نترات البوتاسا والامونيوم 8% آزوت نتراتي ، 8% آزوت نشادري ، 28% بوتاسا ، وهو من الاسمدة الجيدة للنباتات المحبة للبوتاسا . وكالوريد البوتاسا والامونيوم 12% آزوت ، 42% بوتاسا .

ب - اسمدة آزوتية فوسفاتية : مثل امونيا سوبر فوسفات ، و Diammonphos ويحتوي على 21% آزوت و 53% P_2O_5 و Ammo-Phos و Leunaphos .

ج - اسمدة كاملة : وأشهرها نتروفوسكا بأنواعه .

وفي التالي جدول (٣٧) بين تركيب أهم الاسمدة الكيماوية ، و جدول (٣٨) بين تركيب أهم الاسمدة العضوية

جدول (٣٧) تركيب بعض الاسمدة الكيماوية

الاسمدة	الكلي %	الآزوت		الآزوتائي %	النشادري %	الكلي %	P ₂ O ₅		K ₂ O %	الجير CaO %
نترات الصودا الشيلي	١٥٦٥	١٥٦٥	١٥٦٥	١٥٦٥	-	-	-	-	-	-
نترات الصودا الصناعي	١٦	١٦	١٦	-	-	-	-	-	-	-
نترات الجير النرويجي	١٥٦٥	١٤٦٥	١٤٦٥	١٥٦	١٥٥	-	-	-	-	٢٦٦٥
الاملائي	١٥٦٥	١٤٦٦	١٤٦٦	٥٩	٥٩	-	-	-	-	٢٨٦٥
سلفات النشادر	٢٥٦٦	-	-	٢٥٦٦	٢٥٦٦	-	-	-	-	-
نيتروسلفات النشادر	٢٦	٢٦	٢٦	١٩٥	١٩٥	-	-	-	-	-
نترات النشادر	٣٣	١٦٦٥	١٦٦٥	١٦٦٥	١٦٦٥	-	-	-	-	-
النيتروشوك	١٥٦٥	٧٦٧٥	٧٦٧٥	٧٦٧٥	٧٦٧٥	-	-	-	-	٢٨٦٥
نترات يت الجبري	١٧	٨٦٥	٨٦٥	٨٦٥	٨٦٥	-	-	-	-	٢٥٦٥
نترات النشادر الجبري	٢٥٦٥	١٥٦٢٥	١٥٦٢٥	١٥٦٢٥	١٥٦٢٥	-	-	-	-	٢٥
الكالنترو	٢٥٦٥	١٥٦٢٥	١٥٦٢٥	١٥٦٢٥	١٥٦٢٥	-	-	-	-	٢٥

٦٠-٥٥	-	-	-	-	-	٢٠-١٥	السياناميد
	-	-	-	-	-	٤٦	اليوريا
٢٣٥٠	-	١٨-١٦	-	-	-	-	السوبر فوسفات
-	-	٤٠	-	-	-	-	السوبر فوسفات المكرر
٤٨٥٠	-	-	٢٠-١٢	-	-	-	خبث المادن
-	٤٦٥٠	-	-	-	١٤٥٠	١٤٥٠	تترات البوتاسا
-	١٥٥٠	-	-	-	١٤٥٥	١٤٥٥	تترات البوتاسا والصودا
-	٢٨٥٠	-	-	٨٥٠	٨٥٠	١٦٥٠	والامونيوم
-	٤٢٥٠	-	-	١٢٥٠	-	١٢٥٠	كلوريد
-	-	٢٢٥٤	٥٣٥٤	٢١٥٠	-	٢١٥٠	Diammonphos
-	-	٢٠٥٠	٢٠٥٠	٢٠٥٠	-	٢٠٥٠	Leunaphos
-	-	٤٣٥٥	٤٤٥٥	١٠٥٥	-	١٠٥٥	Ammo-phos 1
-	-	٢١٥٨	٢٢٥٠	١٧	-	١٧	Ammo-phos 2
-	١٤٥٠	١٤٥٠	١٤٥٠	٦٥٠	٤٥٠	٢٨٥٠	Hakaphos

-	٢٢٣٠	١٣٣٠	-	١١٣٤	١٥١	١٧٣٥	١	تروفسكا
-	٢٦٣٥	١١	-	٩٣٧	٥٣٣	١٥٣٥	٢	-
-	٢١٣٥	١٦٣٥	-	١١٣٥	٥٣٠	١٦٣٥	٣	-
-	١٩٣٥	١٥٣٥	-	١٠٣٩	٤٣٦	١٥٣٥	-	التبغ
١٠-٨	٢١٣٠	٣٣٠	١٢٣٠	٦٣٥	٥٣٥	١٢٣٠	-	نروسكا بالجير

جدول (٣٨) متوسط تركيب أهم الاسمدة المضوية

CaO	K ₂ O	P ₂ O ₅		الآزوت		المادة	الرطوبة	الاسمدة
		النائب	الكلي	النائب	الكلي			
%	%	%	%	%	%	%	%	
٥٥٨	٥٥٧	-	٢-١١٥	-	١٢-١٠	٧٨٥٥	١٣٥٥	مسحوق اللحم الجفيف
٢٢٥٣	٥٥٣	-	١٧١٤	-	٧-٦	٤٩٥٠	٩٥٠	و اللحم
-	-	-	٢٢٥٠	-	٣٥٠	-	-	و النظام
١٦٥٠	١٥٣	-	١٤-٦	-	١١-٥	٥٦	١٠	جوانو الاسماك
-	١٥٧	-	٣٥٢-٢٥٨	-	٧-٦	٨٥٥٣	٧	كسب البذر: المقشورة
-	١٥٣	-	٢٥٥-٢	-	٤-٣٥٥	٨٥	٧	و غير المقشورة

شراء الاسمدة

يجب عند شراء الاسمدة المركزة لأنها أقل تعرضاً للفساد ولأن تكاليف نقلها أقل ويجب ألا يتأثر المزارع بالاسماء الجذابة التي تطلق على بعض الاسمدة في التجارة ، أو بلون السماد أو برخص ثمنه ، إذ المهم هو نسبة العناصر الهامة الموجودة في السماد ، وحالته إن كان قابلاً أو غير قابل للذوبان ، وصورته الموجودة عليها إن كان أمونيوم أو آزوتات مثلاً ، كما تراعى مصاريف النقل والنثر وغير ذلك .

ويجب الوقوف على تحليل الاسمدة وخاصة الحديث منها وغير المعروف قبل شرائها . والمهم في الاسمدة كما ذكر هو نسبة العناصر الهامة وحالته ، فآزوت الآزوتات أعلى من آزوت الأمونيوم ، وآزوت الأمونيوم أعلى من الآزوت الأميدي . كما إن حمض الفوسفوريك في السوبر فوسفات أعلى منه في خبث المعادن ، وفي هذا أعلى منه في الفوسفات الممدية . والبوتاسا في سماد سلفات البوتاسا وفي الاسمدة المركزة الأخرى أعلى منها في أملاح البوتاسا الخام . كما إن معرفة المواد الغريبة الموجودة في السماد .

وقد يلجأ المزارع إلى خلط السماد بنفسه ومن السهولة نسبياً حساب كميات المطلوبة واثمائها . والامثلة التالية توضح ذلك :

مثال (١) :

يحتوي الترفوسكا (A) على ١٥ ٪ آزوت منها ١٠,٦ على صورة آزوتات والباقي ١٣,٤ على صورة أمونيوم ، وعلى ٣٠ ٪ P_2O_5 و ١٥ ٪ K_2O . فما الثمن الحقيقي للمائة كيلو غرام منه بفرض أن اثنان الاسمدة البسيطة هي كما يأتي لمائة كيلو غرام :

نترات الصوديوم الصافي ١٦ ٪ آزوت	=	٢٠٠٠٠ ليرة سورية .
سلفات النشادر ٢٠,٥ ٪ آزوت	=	٢٤١٤٠ ليرة سورية .
السوبر فوسفات العادي ١٦ ٪ P_2O_5	=	١١٠٠٠ ليرة سورية .
سلفات البوتاسا ٥٠ ٪ K_2O	=	٢٤٠٠ ليرة سورية .

الحل :

$$\text{ثمن الكيلو غرام آزوت آزوتاتي} = \frac{20000}{16} = 1250 \text{ قرش}$$

$$\text{ثمن الكيلو غرام آزوت نشادري} = \frac{24140}{20.5} = 1177 \text{ قرش}$$

$$\text{ثمن الكيلو } P_2O_5 \text{ الذائب} = \frac{11600}{16} = 70 \text{ قرش}$$

$$\text{ثمن الكيلو } K_2O \text{ الذائب} = \frac{24600}{50} = 48 \text{ قرش}$$

فيكون ثمن العناصر السادية في ١٠٠ كغ من النتروفوسكا A هي :

$$\text{للآزوت الآزوتاتي} \quad 200 = 125 \times 16$$

$$\text{للآزوت النشادري} \quad 1595 = 119 \times 134$$

$$\text{ولحمض الفوسفوريك} \quad 2100 = 70 \times 30$$

$$\text{وللبوتاسا} \quad 720 = 48 \times 15$$

فيكون ثمن ١٠٠ كغ من السماد نتروفوسكا A = ٤٦١٥ قرشاً .

فاذا بيع السماد بهذا الثمن فيفضل شراؤه عن شراء الاسمدة البسيطة .

مثال (٢) :

احسب المكونات اللازمة لعمل طن من تحليل ٣ - ١٢ - ١٢ باستعمل المواد التالية واذافة المالىء عند الضرورة .

كبريتات امونيوم ٢٠ % N

سوبر فوسفات ٢٠ % P_2O_5

كبريتات بوتاسيوم ٦٠ % K_2O

الحسل :

ما يحتويه مخلوط السماد من الآزوت = $1000 \times 0.03 = 30$ كغ

$$\text{كمية كبريتات الامونيوم} = \frac{100 \times 30}{20} = 150 \text{ كغ}$$

$$\text{كمية السوبر فوسفات} = \frac{100}{20} \times 1000 \times 0.12 = 600 \text{ كغ}$$

$$\text{كمية كبريتات البوتاسيوم} = \frac{100}{60} \times 1000 \times 0.12 = 200 \text{ كغ}$$

$$\text{مجموع المكونات} = 100 + 600 + 200 = 900 \text{ كغ}$$

$$\text{كمية الماتل} = 1000 - 900 = 100 \text{ كغ}$$

تخزين الأسمدة

تخزن الأسمدة في مكان جاف ذي أرضية من الاسمنت أو ما يماثله ، ويراعى في تخزينها ما يأتي :

نترات الجير وسياناميد الجير يباعان في أشولة خاصة بحفظ السماد فيها حتى وقت الاستعمال . سلفات النشادر و نيترو سلفات النشادر يمكن حفظهما في أشولة توضع على ألواح خشبية حتى لا تمتص الرطوبة فتتآكل الأشولة . السوبر فوسفات يفرغ ولا يحفظ في الأشولة لأنها تتآكل .

أما نترات الجير فلا يفرغ من الأشولة ومثله نترات النشادر والنيتروشوك ونترات النشادر الجيري . الأسمدة البوتاسية لا تنغير ما دام التخزين جافاً وتستعمل عادة لتغطية الأسمدة . ولا تستعمل أشولة السماد لأغراض أخرى كحفظ الملف إلا بعد نقعها في الماء تماماً وغسلها .

خلط الأسمدة

يراعى في خلط الأسمدة ما يلي :

- ١ - لا يجوز خلط الأسمدة النشادرية مع الأسمدة التي تحتوي على جير منفرد كما لا يجوز ثرها في وقت واحد ، حتى لا يتطاير النشادر فيفقد ، فمثلا لا يخلط سلفات النشادر مع الجير (الحي أو المطفأ) أو مع خبث المادان أو سياناميد الجير .
- ٢ - لا يجوز خلط أسمدة تحتوي على كالسيوم قابل للذوبان في الماء بأسمدة تحتوي على فوسفات ذائبة ، حتى لا تتحول إلى فوسفات غير ذائبة ، فلا يخلط السوبر فوسفات مع الجير أو سياناميد الجير ، كما لا تخلط الأسمدة الفوسفاتية الأخرى بالجير .
- ٣ - لا يجوز خلط أسمدة بعضها ينتج عنها أحماض ، فمثلا لا يجوز خلط السوبر فوسفات مع نترات الصودا أو نترات الجير ، لأن حمض النتريك ينفرد ويتطاير ويفقد ويسبب تآكل المبوات .
- ٤ - لا يجوز خلط الأسمدة التي تمتص الماء إلا قبيل النثر مباشرة إذا لزم الأمر ، خوفاً من أن تسمع أو تصير كتلا أو تتحجر .

المراجع

آ - العربية

- ١ - بلبع - عبد المنعم - ١٩٧٣ - الارض والانسان في الوطن العربي - دار المطبوعات الجديدة - الاسكندرية .
- ٢ - حسن ، محمد نجيب - خضر ، مصطفى - ١٩٦٩ - أصول البيدولوجي . المكتب المصري الحديث للطباعة والنشر - الاسكندرية .
- ٣ - رسلان ، عبد الحميد - ١٩٦٦ - الاراضي ومشاكلها في الزراعة السورية - وزارة الزراعة - دمشق .
- ٤ - زين العابدين ، أحمد ناجي ، الاراضي المائية في حوض انفرت - ١٩٦٩ - كلية الزراعة - جامعة حلب - حلب .
- ٥ - زين العابدين ، أحمد ناجي - (لم ينشر) - خصائص الاراضي الجبسية .
- ٦ - زين العابدين ، عبدالله - ١٩٦٣ - أسس علم الاراضي مكتبة الانجلو المصرية - القاهرة .
- ٧ - الشواربي ، محمد يوسف - ١٩٦٥ - كيمياء الاراضي - مكتبة الانجلو المصرية - القاهرة .
- ٨ - صفدي - محمد شفيق - ١٩٧٤ - الثروة المائية في الجمهورية العربية السورية - وزارة الاشغال العامة والثروة المائية - دمشق .
- ٩ - عبدالله ، محمد محفوظ - ١٩٦٠ - محاضرات في طبيعة الاراضي - كلية الزراعة - جامعة القاهرة .
- ١٠ - علام ، فتح الله - ١٩٥٤ - الكيمياء الزراعية - مكتبة الانجلو المصرية - القاهرة .
- ١١ - عمر ، محمود احمد - ١٩٦٤ - محاضرات في أساسيات الاراضي - كلية الزراعة - جامعة عين شمس - القاهرة .
- ١٢ - فتحي ، عبد الحميد - ١٩٦١ - محاضرات في تكوين الاراضي - كلية الزراعة - جامعة القاهرة .
- ١٣ - كردي ، فؤاد - ١٩٧٣ - أساسيات في كيمياء الاراضي وخصوبتها - مديرية الكتب والطبوعات الجامعية - دمشق .
- ١٤ - نحال ، ابراهيم - ١٩٦٤ - أساسيات علم التربة - مديرية الكتب والطبوعات الجامعية - جامعة حلب .

ب - الأجنبية

- Addison, A, — 1955, Land, water and food , London .
- Admiralty Naval Staff — 1918, Geology of Mesopotamia and its Borderlands.
Intelligence Department . London .
- Aubert , G. — 1937 , Les Sols à Croute Calcaire . C. R. des Conf. Péd .
Méditerranéenne , Montpellier , Alger 330 — 337 .
- Farrel ad , I . — 1955 , Soil Development , Chemistry of the Soil , Ed . by
Bear , F . E.) , Reinhold Publishing Corp . New York .
- Barshad , I . et al . — 1956 , Clay Minerals in some limestone Soils from
Palestine . Soil Sci . 81 , 423 — 427 .
- Berger , K . C. 1965 Introductory Soils, Mecmillan Comp .
- Black , C . A. 1960 , Soil Plant Relationship . 2 ed , John wiley & Sons .
- Bridges , E . M . 1970 , World Soil , Cambridge Univ. Press .
- Brown , I . C . & Drosdoff , M . 1938 , The Chemical Character of Desert
Soils in Relation to their Genesis and Morphology . Soil Sci .
Amer . Proc . 3 .
- Buckman , H . O . & Brady , N , C , 1960 . The Nature and Properties of
Soils . Macmillan , New Yorb and London .
- Buringh , P . 1960 , Soils and Soil Conditions in Iraq, Ministry of Agr .,
Baghdad .
- Combier , C . 1945 , Apercu sur les Climates du ly Syrie et du Liban
Beirouth .
- Dost , H . 1953 , Bibliography on Land anb Water Utilisation in the Middle
Eest . Wageningen .

- Dubertret, L. 1943, Lithological Map of the Eastern Border of the Mediterranean, Beirut .
- Duchaufour, P. 1965, Précis de Pédologie. Masson & Cie - Paris .
- Eden, T. 1961, Elements of Tropical Soil Science. London .
- F. A. O. 1965 - Guidelines for Soil Profile Description, Soil Survey and Fertility Branch, Land and water Development Division, Rome .
- Fisher, W. B. 1950, The Middle East, a physical, social and regional geography. London - New York (ed. 3, 1956) .
- Geological Section, Min. of Industry, Syria .
- Grim, R. E. 1953, Clay mineralogy - Mc. Graw - Hill, N, York .
- El - Hamzawy, M. K, 1962, The crystallographic analysis of some Syrian minerals. M. Sc^o Thesis, Fac. of Science, Cairo Univ .
- Jenny, H. 1941, Factors of soil formation, New York .
- Looff, J. S. 1949, Pedology, New Brunswick, New Jersey .
- Khan, D. H. 1960, Studies on translocation of chemical constituents in some red - brown soils, terra rossa, and rendzinas, using zirconium as a weathering index. soil sci., 88, No. 4 .
- Kellog, C. E. 1952, Potentialities and problems of arid soils. Proc. Intern. Symp. on desert res. Jerusalem .
- Kellog, C. E., 1963 - Why a New System of Soil Classification? Soil Science. 96, 1 - 5 .
- Kelly, W. P. n. 1951, Alkali soils, their formation, properties and reclamation, New York .
- Kilmer & Alexander. 1949, Soil Sci. 67 p. 15 .
- Kramer, P. J. 1949, Plant and water relationship .
- Kubiëna, W. L. 1953, The Soils of Europe. Madrid - London .
- Lyon, T. L. & Buckman, H. O. 1943, The nature and properties of soils. New York .

- Marbut, C. F. 1951, Soils, their genesis and classification. Soil Sc. Soc. of America.
- Meteorological Service. Climatological Section, Damascus.
- Millan, C. E. 1963 - Soil fertility 5th. ed. John Wiley & Sons Inc.
- Mohr, E. C. J., Baren, F. A. Van, 1959, Tropical Soils, Interscience London.
- Muir, A. 1951, Notes on the soils of Syria. J, Soil Sci. 2 (5).
- Pabot, H. 1956, Rapport au gouvernement de Syrie l'Ecologie Végétale et des applications. Rome, No. 663, F. A. O.
- Reifenberg, A. 1947, The soils of Palestine 2nd, ed. London.
- Reifenberg, A. 1952, The soils of Syria and the Lebanon, J. Soil Sc. 3, (1), 63 - 88,
- Richards, L. A. R. 1954, Diagnosis and improvement of saline & alkali soils, Agr. Handbook No 60 U.S.D.A.
- Robinson, G. W. 1950, Soils, their origin, constitution and classification. Ed. (3), London.
- Rodin, L. E. 1959, Preliminary report on geobotanical survey group for water supply of pastures under contract, No. 938, Damascus.
- Russel, E. J, 1950, Soil conditions and plant growth, London and New York.
- Russell, Sir E. J. 1957. The world of the soil. Collins, London.
- Sigmond, A. A. J. De. 1938, The principles of soil science.
- Soil Survey Manual, 1951, U. S. Soil Survey Staff. Hand-book No. 18.
- United States Salinity Lab Staff. 1954, Diagnosis and improvement of Saline and alkali soils. Agr. hand-book 60, Washington.
- U. S. Dept, of Agriculture. 1960 - Soil classification. a comprehensive system 7 th, Approximation, Washington, D.C,

- Van Liere W, J. & Lauffray, J., 1955, Nouvelle prospection archéologique dans la Haute Jezireh Syrienne Ann . Archéol . de Syrie (4et5), 129_{..} – 148 .
- Van Liere, W. J. 1960, Observations on the Quaternary of Syria, Damascus.
- Van Liere, W. J. 1962 , Statement on the arid soils of the Near East , their morphology , classification and utilization , Tashkent .
- Van Liere. W. J. 1965, Classification and Rational utilization of soils . F. A. O . No . (2076).
- Wallace, T. 1951, The diagnosis of mineral deficiencies in plants by visual symptoms . London .
- Zein El - Abidin , A . Nagy . 1962 , Pedological studies on the soils of Aleppo area in Syria . M . Sc . Thesis, Fac. of Agr. Cairo Univ .
- Zein El - Adidin, A. Nagy, 1965 Pedological studies on some Syrian soils, Ph . D . thesis , Fac . of Agr . Cairo Univ .

المصطلحات العامة

الانكليزية	العربية
Absorption	امتصاص
Accelerated erosion	انجراف سريع
Acidity	حموضة
Adhesion	تماسك - التصاق
Adsorption	امتزاز - ادمصاص
Aeolian deposits	ترسبات هوائية
Aeration	تهوية
Aerobic	هوائي
Age	عمر
Aggregate	حبيبات متجمعة ، بحبات
Algae	طحالب
Alkali soil	ارض قلوية
Alluvial soil	ارض رسوية ، نهريه
Aminization	تحول الى امينات
Ammonification	نشطرة
Analysis	تحليل
Anion exchange	تبادل الانيونات
Arid region	منطقة جافة
Artificial farm manure	سماد عضوي صناعي

Autotrophic	ذاتي التغذية
Available	قابل للاستفادة
Azofication	تأزت
Azonal	غير منطقية ، لانطاقية
Azotobacter	آزوتوباكتر
Base exchange	تبادل القواعد
Black alkali	ارض قلوية سوداء
Bog soils	ارض مستنقعية
Brown forest soils	اراضي حراجية بنية
Brown podzolic soils	اراضي بودزولية بنية
Brown soils	اراضي بنية
Bulk density	كثافة ظاهرية
Calcareous soils	اراضي جيرية
Calcimorphic soils	اراضي جيرية
Capillary conductivity	التوصيل الشعري
Capillary water	الماء الشعري
Capillarity	الخاصة الشعرية
Carbon - nitrogen ratio	نسبة الكربون الى الآزوت
Carbonation	كربنة - تفحم
Cation exchange	تبادل الكاتيونات
Chernozems	اراضي تشرنوزم (سوداء)
Chestnut soils	اراضي كستنائية
Clay pan	طبقة طينية
Clays	طين (غضار)
Cohesion in soil	تماسك حبيبات التربة
Colloids	غرويات
Composting	عمل السماد المضوي الصناعي - الكر

Contour plowing	حراثة كتورية
Contour strip cropping	الزراعة في شرائح كتورية
Critical moisture	الرطوبة الحرجة
Crop rotation	الدورة الزراعية
Crust	قشرة
Cultivation of soils	زراعة الارض
Decomposition of minerals	الحلار المعادن
Degradation	تدني ، تدهور
Denitrification	عكس التآرت
Desalinization	ازالة الاملاح
Desert soils	اراضي صحراوية
Diffusion of gases	انتشار الغازات
Disintegration of minerals	تفتت المعادن
Drainage of soils	صرف الاراضي
Dry - land farming	مزارع بعلية
Eluvial horizon	أفق السلب
Earth crust	قشرة أرضية
Electric conductivity	ناقلية أرضية
Erosion	انجراف ، تعرية
Essential elements	العناصر الضرورية
Exchange capacity	السعة التبادلية
Expansion	تمدد
Fallow	بور
Family of soils	عائلة اراضي
Farm manure	سماد المزرعة ، سماد الاسطبل
Ferric compounds	مركبات الحديدك
Ferrous compounds	مركبات الحديدوز

Fertilizer elements	العناصر السبادة
Fertilizers	المخصبات ، الأسمدة
Field capacity	السعة الحقلية
Fixation of phosphorus	احتجاز الفوسفور
Flocculation	تجمع
Genesis of soil	نشأة الاراضي
Glacial deposits	ترسبات ثلجية
Glei horizons	آفاق الجلاي
Gravitational water	ماء الجذب الارضي
Gray - brown podzolic soils	اراضي بودزول بنية رمادية
Great soil groups	مجاميع الاراضي المظمية (الكبرى)
Green manures	الاسمدة الخضراء
Groundwater level	مستوى الماء الارضي
Gullies	أخاديد كبيرة
Gypsum	الجبس
Halomorphic soils	اراضي مالحة
Hematite	هيماتيت
Horizons	آفاق
Humid	رطب
Humus	دبال
Hydration	التأدرت ، التميؤ
Hydrolysis	التحليل المائي ، الحلمة
Hydromorphic soils	اراضي غدقة
Hydrous mica	الميكاتأدرنة
Hygroscopic water	الماء الامجروسكوبي
Illite	إيلايت
Illuvial horizon	أفق الترسب (التراكم)

Infiltration	الرشح
Intrazonal soils	أراضي بين نطاقية
Ionic exchange	التبادل الايوني
Irrigation	الري
Kaolinite	كاؤولينيت
Lacustrine deposits	ترسبات بحرية
Landuse	استعمال الارض
Laterization	تكوين اللاتيريت ، القرمدة
Latosols	أراضي لاتيريت ، أراضي قرميدية
Leaching	انفسال
Legumes	بقوليات
Lignin	خشب ، لجنين
Limestone	حجر كلسي
Limonite	ليمونيت
Lithosols	أراضي هيكاية ، حجرية
Loam	صفراء ، طميية
Loess	ترسبات هوائية - أراضي سافية
Lysimeters	الليزيميتير
Macronutrients	العناصر الكبرى ، المغذيات الكبرى
Macro pore spaces	المسافات البينية الكبيرة
Marine soil materials	أراضي ذات اصل بحري
Marl	مارل ، طين غني بالكربونات
Mature soils	أراضي ناضجة
Mechanical analysis	تحليل ميكانيكي
Mediterranean region	منطقة حوض البحر الابيض المتوسط
Micelle	مايسيل - نواة الطين
Microfauna	حيوانات دقيقة

Micronutrients	عناصر صغرى
Milliequivalent	مليمكافىء
Minor elements	العناصر النادرة
Moisture equivalent	المكافىء الرطوبى
Moisture stress	جهد او ضغط رطوبى
Moisture tension	شد رطوبى
Montmorillonite	طين مونتموريللونيت
Morphological character	صفة ظاهرية
Nitrification	نترجة
Nodule bacteria	بكتريا عقدية
Octahedron	ثمانى الوجوه
Organic soils	اراضى عضوية
Organic matter	مادة عضوية
Osmotic pressure	الضغط الاسموزى (الحلولى)
Parent material	الطبقة الامية
Pedology	علم تكوين الاراضى (ييدولوجيا)
Peptisation	تفريق
Percolation	رشح
Permeability	نفاذية
Plasticity	ليونة ، بلاستيكية
Podzol soil	أرض بودزول
Pore space	حيز مسامى
Prairie soils	اراضى البريرى
Rate	معدل
Reaction of soil	تأثير الارض
Reclamation	اصلاح
Red & yellow podzolic	الاراضى البودزولية الصفراء والحمراء

Red desert soils	الأراضي الصحراوية الحمراء
Regolith	أديم الأرض
Rendzina	أراضي الرندزينا
Runoff	جريان الماء
Saline soil	أرض مالحة
Saline - alkali soils	أرض مالحة قلوية
Semi - arid	شبه جاف
Sheet erosion	انحراف سطحي (صفحائي)
Soil class	قسم الأرض
Soil conservation	حفظ الأرض
Soil mulch	تغطية الأرض
Soil names	تسمية الأرض
Soil profile	قطاع ارضي
Soil series	سلسلة الأرض
Soil type	نوع الأرض
Soil order	رتبة الأرض
Soil solution	المحلول الأرضي
Soil structure	بناء الأرض
Soil texture	قوام الأرض
Solonchak	أرض مالحة (سولنشاك)
Solonetz	أرض قلوية (سولونetz)
Subsoil	تحت التربة
Surface tension	الجذب السطحي (قوّة سطحي)
Survey	حصر (تصنيف)
Tension	شدّة
Terrace	مسطبة
Tetrahydro	رباعي الوجوه

Tundra soils	اراضي التندرا
Unavailable	غير قابل للاستفادة - غير ميسر
Virgin soil	اراضي غير منزوعة (بكر)
Weathering	تجوية
Wilting coefficient	معامل الذبول
Wind erosion	التعرية بالرياح
Zonal soils	الاراضي النطاقية

★ ★ ★

المحتوى

صفحة	
٣	المقدمة
٥	الباب الاول
٧	الفصل الاول - تمهيد في علم الاراضي
٨	تعريف الارض
٩	الفصل الثاني - المعادن والصخور المكونة للتربة الزراعية
١٠	الصخور الاساسية في تكوين الارض
١٤	المعادن التي تتكون منها التربة الزراعية
١٨	مصدر المعادن في التربة
٢٠	الفصل الثالث - تجوية الصخور والمعادن ونحائها
٢٠	عوامل التفتت
٢١	الانحلال
٢٤	الصخور والتجوية
٢٥	تكوين التربة
٢٧	الفصل الرابع - القطاع الارضي
٢٨	تحديد الآفاق في القطاع الارضي
٣١	عوامل تكوين الاراضي
٣٧	الباب الثاني - الخواص الفيزيائية لارض
٣٩	الفصل الاول - مكونات الارض
٤١	الفصل الثاني - قوام الارض
٤٢	التحليل الميكانيكي للتربة

٤٧	خواص المجموعات التي تؤلف قوام الارض
٤٩	أهمية التحليل الميكانيكي
٤٩	طرق بيان نتائج التحليل الميكانيكي
٥٦	الفصل الثالث - عدد حبيبات التربة والسطح الداخلي لها
٥٦	عدد حبيبات التربة
٥٧	السطح الداخلي، للتربة
٥٩	الفصل الرابع - كثافة الاراضي الحقيقية والظاهرية - المسامية
٥٩	نظام ترتيب الحبيبات
٦٠	الكثافة الحقيقية
٦١	الكثافة الظاهرية
٦١	المسامية
٦٥	الفصل الخامس - التغيرات الحجمية في الاراضي
٦٨	تأثير الابتلال على التغيرات الحجمية
٦٩	الفصل السادس - بناء التربة
٦٩	ميكانيكية البناء
٧٢	العوامل التي تؤثر في تجميع التربة
٧٣	انواع البناء الارضي
٧٥	قياس البناء الارضي
٧٨	تدهور وتحسين بناء الارض
٨١	الفصل السابع - اللون في الاراضي - ليونة التربة - تماسك الارض
٨٣	ليونة التربة
٨٤	قوة تماسك التربة
٨٦	الفصل الثامن - الماء الارضي
٨٧	الدورة المائية
٨٧	مصادر المياه الارضية في القطر العربي السوري
٨٨	أثر الامطار
٩٠	صور الماء الارضي

٩٢	الماء الايجروسكوبي
٩٤	الماء الشعري
٩٥	العلاقة بين خاصية الجذب السطحي واختلاصة الشعيرة
٩٨	حركة الماء الشعري
١٠٠	الموامل التي تتوقف عليها كمية الماء الشعري
١٠٢	ماء الجاذبية الارضية
١٠٤	العلاقة بين الماء الارضي والطاقة
١٠٨	تقدير رطوبة الارض
١١٢	الثوابت المائية الارضية
١١٦	الطرق الحسابية لتقدير الماء في التربة
١٢١	حركة الماء الارضي
١٢١	حركة الماء السائل
١٢٥	حركة الماء في صورة بخار
١٢٨	الفصل التاسع - الهواء الارضي
١٢٩	الموامل التي تؤثر في تركيب الهواء الارضي
١٣١	التهوية
١٣٤	الفصل العاشر - حرارة الارض
١٣٤	الحرارة النوعية التربة
١٣٦	حرارة الابتلال
١٣٦	التوصيل الحراري للارض
١٣٧	الموامل التي تتوقف عليها درجة حرارة التربة
١٤١	الموجة الحرارية الارضية
١٤٣	الموجة الحرارية السنوية
١٤٥	الباب الثالث - الخواص الكيميائية للارض
١٤٧	الفصل الاول - غرويات الارض ومعادن الطين
١٤٧	خواص الغرويات
١٤٨	معادن الطين

١٥١	التركيب البلوري لمعادن الطين
١٥٢	مجموعة الكاؤولينيت
١٥٣	مجموعة المونتموريلونيت
١٥٥	مجموعة الايلايت
١٥٦	مجموعة الاتابولجيت
١٥٧	تعيين أنواع معادن الطين
١٦٣	الطين في الاراضي
١٦٥	الفصل الثاني - تبادل الكاتيونات في الاراضي
١٦٦	تبادل الكاتيونات
١٦٨	درجة تشبع الارض بالقواعد
١٦٩	العوامل التي يتوقف عليها تبادل الكاتيونات
١٧١	خصائص الطين المشبع وغير المشبع بالقواعد
١٧٢	أهمية تبادل الكاتيونات في تغذية النبات
١٧٤	الفصل الثالث - الكائنات الحية والمادة العضوية في التربة
١٧٤	الكائنات الحية
١٧٧	تأثير الكائنات الحية في التربة
١٧٨	المادة العضوية والدبال
١٨١	نسبة الكربون للأزوت وعلاقتها بتحلل المواد العضوية
١٨٢	الدبال وخواصه
١٨٣	أنواع الدبال
١٨٤	أثر الدبال على خواص الارض
١٨٦	الفصل الرابع - تأثير الارض والفعل التنظيمي للغرويات
١٨٦	تأثير الارض
١٨٧	مصدر أيونات الابدروجين في الاراضي
١٨٩	أهمية تأثير الارض
١٩١	الفعل التنظيمي للاراضي

١٩٢	الفصل الخامس - الاراضي المالحة والقلوية
١٩٢	الاراضي المالحة
١٩٢	أسباب الملوحة
١٩٤	درجة تحمل النباتات للملوحة
١٩٥	تقدير الاملاح الذائبة في الارض
١٩٦	حدود التأثير الضار للاملاح في الارض
١٩٧	تأثير الملوحة على خواص الارض
١٩٩	الاراضي القلوية
١٩٩	تكوين القلوية
٢٠١	اصلاح الاراضي المالحة والقلوية
٢٠٣	اصلاح الاراضي المالحة
٢٠٥	اصلاح الاراضي القلوية
٢٠٨	الاراضي المالحة في حوض الفرات
٢١١	اسباب الملوحة في حوض الفرات
٢١٢	الاساليب التكنولوجية لمجابهة مشكلة التملح في حوض الفرات

الباب الرابع

٢١٩	الفصل الاول - تقسيم الاراضي
٢٢١	القواعد الاساسية في تقسيم الاراضي
٢٢٢	لمحة عن الآراء المختلفة في تقسيم الاراضي
٢٢٦	الاراضي النطاقية
٢٢٦	اراضي التندرا
٢٢٦	مجموعة الاراضي الحمضية او البودزولية
٢٢٦	تكوين البودزول
٢٢٩	اراضي المناطق الرطبة الحارة ونصف الحارة
٢٣١	اراضي المناطق نصف الجافة والجافة
٢٣٢	اراضي التشنوزم
٢٣٣	الاراضي الكستنائية والبنية

٢٣٤	الاراضي الصحراوية
٢٣٥	الاراضي بين النطاقية
٢٣٥	الاراضي الغدقة
٢٣٦	الاراضي الملحية والقلوية
٢٣٦	الاراضي الكلسية
٢٣٦	الاراضي غير النطاقية
٢٣٦	الاراضي الحجرية
٢٣٦	أراضي الريجوسول
٢٣٦	الاراضي الرسوبية
٢٣٨	رتب الارض (المراتب التفسيرية)
٢٤٠	الفصل الثاني - لمحة عن تقسيم الاراضي السابع
٢٤٢	اشتقاق الاسماء للمراتب التفسيرية في التصنيف السابع
٢٤٣	الآفاق التشخيصية في التقسيم السابع
٢٤٥	المراتب التصنيفية في التقسيم السابع
٢٥٤	التقسيم السابع وتطبيقه على الاراضي العربية السورية
٢٥٥	الفصل الثالث - الاراضي العربية السورية
٢٥٥	لمحة عن عوامل تكوين الاراضي السورية
٢٥٧	الاراضي السورية
٢٥٩	أراضي المناطق الرطبة
٢٥٩	أراضي بادية أصل جيرية
٢٦١	أراضي ذات مادة أصل قارية
٢٦٤	أراضي المناطق شبه الرطبة
٢٦٧	أراضي المناطق شبه الجافة
٢٦٧	أراضي المناطق الجافة
٢٦٩	الاراضي الجبسية
٢٧١	الاراضي النهرية
٢٧٤	الفصل الرابع - حصر الاراضي
٢٧٤	العلاقة بين تقسيم الاراضي وحصر الاراضي

٢٧٦	النظم التصنيفية الاستعمالية الارضية العامة
٢٧٧	النظم التصنيفية التطبيقية
٢٧٩	خرائط الاراضي
٢٨٠	عمل الخرائط الارضية
٢٨٣	الفصل الخامس - المحافظة على الاراضي
٢٨٢	مقدمة
٢٨٥	العوامل المؤثرة في الانجراف المائي
٢٨٨	أنواع الانجراف المائي
٢٩٠	طرق التغلب على الانجراف المائي
٢٩٦	العوامل المؤثرة على الانجراف الهوائي
٢٩٧	أنواع الانجراف الهوائي
٢٩٨	طرق التغلب على الانجراف الهوائي
٣٠٠	الباب الخامس - خصوبة الاراضي والاسمدة
٣٠٢	الفصل الاول - خصوبة الاراضي وتغذية النبات
٣٠٢	العناصر الاساسية في غذاء النبات
٣٠٤	العناصر الغذائية في التربة
٣٠٥	العوامل المحددة لامتنصاص العناصر الغذائية
٣٠٦	طرق امتصاص النبات للعناصر
٣٠٨	العناصر وتأثيرها على نمو النبات
٣٠٨	الآزوت
٣٠٩	الفوسفور
٣١٠	البوتاسيوم
٣١١	الكالسيوم
٣١٢	المغنيسيوم - الكبريت
٣١٣	الحديد - المنجنيز - البورون
٣١٤	الزنك - المولبدنيوم
٣١٤	دراسة حاجة النبات والارض للعناصر الغذائية

٣١٦	لفصل الثاني - الاسمدة والتسميد
٣١٦	علاقة التسميد بالمحصول
٣١٨	الاسمدة
٣١٩	الآزوتية
٣٢٠	الفوسفاتية - البوتاسية - المركبة
٣٢٥	شراء الاسمدة
٣٢٧	تخزين الاسمدة
٣٢٧	خلط الاسمدة
٣٢٨	المراجع العربية
٣٢٩	المراجع الاجنبية
٣٣٣	المصطلحات العلمية
٣٤١	فهرس الجداول
٣٤٣	فهرس الاشكال
٣٤٥	المختوى

حقوق الطبع محفوظة

المؤسسة العلمية للوسائل التعليمية
حلب - المسامية - المنطقة الحرة -